 ©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Lösungsflächen des Kalkspathes und des Aragonites.

II. Die Ätzfiguren des Kalkspathes.

III. Die Lösungsflächen des Aragonites.

(Fortsetzung und Schluss zu Bd. LXXXIX [1884], S. 368.)

Von dem c. M. Prof. **V. v. Ebner** in Graz.

(Mit 6 Tafeln.)

II. Einleitung.

Seitdem Leydolt zuerst die Ätzfiguren zur Entwirrung der verwickelten Zwillingsbildungen des Quarzes und des Aragonites benützt hat, sind dieselben zwar oft zu ähnlichem Zwecke, sowie zur Bestimmung der Krystallsysteme in zweifelhaften Fällen mit Erfolg untersucht worden; die theoretische Erkenntniss des Wesens dieser Bildungen ist aber noch immer in grosses Dunkel gehüllt.

Man weiss, dass die Ätzfiguren stets den Symmetrieverhältnissen der Krystallflächen entsprechen, auf welchen sie entstehen,[1] man weiss ferner, dass sie auf derselben Krystallfläche verschieden sind je nach der Natur, der Concentration und der Dauer der Einwirkung des angewendeten Ätzmittels oder auch aus nicht näher bekannten Ursachen. Aus den Versuchen Haushofer's[2] am Kalkspathe geht hervor, dass eine und dieselbe Säure, je nach der Concentration, in welcher sie angewendet wird, verschiedene Ätzfiguren erzeugen kann.

---

[1] Březina, A. in Tschermak's Mineral. Mitth. Jahrg. 1875, p. 147.

[2] Über den Asterismus und die Brewster'schen Lichtfiguren am Calcit. München 1865.

Man ist aber darüber im Unsichern, ob die Flächen, welche die Ätzfiguren zusammensetzen, gesetzmässige Krystallflächen sind und hat noch keine Kenntniss von der Entwicklung derselben.

Bezüglich des ersten Punktes liegen goniometrische Messungen von Rose,[1] Sohncke,[2] Baumhauer,[3] Klocke,[4] F. Becke[5] und Anderen von Krystallen des regulären Systemes vor. Klocke führte eine Reihe von Wahrscheinlichkeitsgründen dafür an, dass die Ätzfiguren gesetzmässige Krystallflächen seien, und schon früher hatte Haushofer[6] für den Kalkspath dies vermuthungsweise ausgesprochen.

Über die Entwicklung der Ätzfiguren fehlen positive Beobachtungen. Klocke gibt für den Alaun an, dass die Ätzfiguren durch einen momentanen Bildungsact entstehen und bis zu ihrem Verschwinden von unveränderlicher Grösse bleiben. Dagegen nimmt Sohncke als bekannt an, dass gut ausgebildete Ätzfiguren — mit geraden Kanten — nur bei langsamer Entwicklung entstehen. Die Art der Abhängigkeit der Ätzfiguren vom Lösungsvorgange — mit welchem sie doch offenbar in Beziehung stehen — ist also noch sehr dunkel. Haushofer[7] kam am Kalkspathe zu dem Resultate, dass die Ätzfiguren fast ausschliesslich rhomboëdrische und skalenoëdrische Formen erster Stellung zeigen, und Baumhauer hat anfänglich bei den Ätzfiguren des Kalkspathes die Vorstellung gewonnen, dass sie mit den Spaltungsrichtungen im Zusammenhange stehen,[8] hat aber später diese Vorstellung wieder fallen gelassen.[9]

Poggend. Ann. Bd. 148 (1873) (Diamant).

Ibid. Bd. 157 (1876), p. 329 (Steinsalz).

Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1876, p. 605 (Flussspath).

[4] Zeitschr. f. Krystallographie etc. Herausgeg. von P. Groth, Bd. II, (1878), p. 126 (Alaun).

[5] Mineralog. und petrogr. Mittheilungen. Herausgeg. von G. Tschermak, Bd. V (1882), p. 457 (Zinkblende) und Bd. V (1884), p. 237 (Bleiglanz).

[6] l. c. p. 19.

[7] l. c. p. 43.

[8] Poggend. Ann., Bd. 140 (1870).

[9] Ibid. Bd. 145 (1872), pag. 459, p. 271.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Exner[1] erzeugte nach einer eigenthümlichen Methode Vertiefungen auf den Flächen von Krystallen, welche in Wasser löslich sind und nennt diese Vertiefungen Lösungsfiguren. Er findet, dass die Löslichkeit der Krystalle von der krystallographischen Werthigkeit und nicht von der Spaltbarkeit abhänge. Über die Ätzfiguren äussert Exner nur, dass man über die Entstehung derselben nichts wisse, und er betont in einer Polemik gegen Sohncke, welcher die Lösungsfiguren Exner's als Ätzfiguren betrachtet, dass diese beiden Dinge nicht dasselbe seien.[2]

F. Becke[3] kommt an seinen Objecten zu dem Resultate, dass die Ätzflächen der Auflösung den grössten Widerstand entgegensetzen, jedoch nicht in directer Beziehung zu den Spaltungsflächen stehen; sie seien aber Flächen von grosser normaler Cohäsion, das heisst: In den Richtungen, welche normal zu den Ätzflächen stehen, ist die Cohäsion eine bedeutende. Becke legt übrigens diesen Beziehungen von Spalt- und Ätzflächen keine allgemeine Bedeutung bei.

Bezüglich der Frage der Rationalität der Indices der Ätzflächen kommt Becke zu ähnlichen Folgerungen wie Klocke, obwohl die Beobachtungen auch die Deutung zulassen, dass die Ätzflächen nur gewissen Zonen angehören ohne jedoch strenge dem Parametergesetze zu folgen.

So wenig nun der Zusammenhang zwischen Ätzfiguren und Lösungsvorgang aufgeklärt ist, so beanspruchen die Ätzfiguren doch ein ganz besonderes Interesse, weil sie in der Regel die einzige morphologisch auffällige Erscheinung bei der Lösung der Krystalle sind, während Lösungsgestalten, wie sie im ersten Theile dieser Arbeit beschrieben wurden, weit seltener aufzutreten scheinen. Nur Becke hat schon früher sowohl an der Zinkblende, als am Bleiglanze unzweifelhaft Lösungsgestalten gesehen und dieselben als „Ätzhügel“ von den vertieften Ätzfiguren unterschieden.

Becke hat jedoch für die theoretische Beurtheilung des Lösungsvorganges auf diese erhabenen Gestalten kein besonderes

---

[1] Diese Ber. Bd. LXIX, pag. 6 und Poggend. Ann. Bd. 153 (1874).
[2] Poggend. Ann. Bd. 158 (1876).
[3] l. c.

Gewicht gelegt, sondern dieselben als gleichwerthig mit den eigentlichen Ätzfiguren behandelt, was mit Rücksicht auf den Umstand, dass Becke an seinen Objecten nur fertige Ätzeffecte untersuchen konnte, ganz begreiflich ist.

VII. Capitel.

Die Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche des Kalkspathes. Abhängigkeit der Formen von der Natur, Concentration und Temperatur der Säure.

Ehe auf die Entwicklung der Ätzfiguren der Spaltungsfläche eingegangen werden kann, ist es nothwendig, zunächst eine Übersicht der äusserst mannigfaltigen Formen zu gewinnen, welche durch Säuren auf der genannten Fläche hervorgerufen werden können.

Wenn man zunächst nur den Umriss der Ätzfigur beachtet, so ist vor Allem zu betonen, dass es zahlreiche Formen gibt, welche nicht von geradlinigen, sondern von mehr weniger stark gekrümmten und gebogenen Seiten begrenzt werden. Ich hebe diese Thatsache nicht desshalb hervor, weil sie etwa noch nicht bekannt wäre, sondern desshalb, weil bisher bei eingehenderen Untersuchungen von Ätzfiguren stets mit Vorliebe solche gewählt wurden, welche von geraden Linien und ebenen Flächen begrenzt sind. Es ist aber klar, dass a priori gar kein Grund vorliegt, diese von krummen Linien und Flächen begrenzten Figuren zu vernachlässigen, da sie unter gewissen Umständen eben so typisch auftreten, wie unter anderen solche mit ebenen Flächen und geraden Kanten. Sehen wir zunächst davon ab, dass die Umrisse häufig stark gekrümmt sind, so lassen sich folgende Hauptformen unterscheiden, welche sämmtlich der monoklinischen Symmetrie entsprechen, mit einer der Klinodiagonale der Spaltungsfläche entsprechenden Symmetrielinie.

1. Rechtecke mit den Diagonalen der Spaltungsfläche parallelen Seiten. (Fig. 2, 3, 4*e* Taf. I, Fig. 16, 17, 22, 31*a*, 36*a* Taf. II, Fig. 44*d* 45*a* Taf. III).

2. Fünfecke mit nach rückwärts (gegen die Seitenecke in der Richtung der Klinodiagonale) gewendeter Spitze. (Fig. 4*d*, 5*c*, 6*b*, 15*b*, 17, 20, 24, 25, 26*a*, *b*, 29, 33, 35, 42, 43,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

44, 45, 46). Diese Form nähert sich durch Abrundung des hinteren unpaaren Winkels häufig der vorhergehenden (z. B. Fig. 4*b*) oder durch Abrundung der hinteren Seitenwinkel der nächstfolgenden Form (z. B. Fig. 23*a*).

3. Dreiecke mit nach rückwärts gewendeter Spitze (Fig. 5, 17, 21 etc.).

4. Fünfecke mit polwärts gewendeter Spitze (Fig. 13 etc.). Diese Form geht durch Abrundung der Seitenwinkel häufig in die folgende über (z. B. Fig. 12).

5. Dreiecke mit polwärts gewendeter Spitze und meistens gebogenen Seiten. Bekannteste und häufigste Ätzfigur der Spaltungsfläche (Fig. 10, 40 etc.).

6. Deltoide mit den Diagonalen der Spaltungsfläche parallelen Diagonalen (Fig. 56, 59). Durch Abrundung der Seiten und der hinteren Ecke nähert sich diese Form manchmal der vorhergehenden (z. B. Fig. 30 und 38).

Als untergeordnete Formen sind noch Sechsecke (Fig. 20), Siebenecke (Fig. 4*a*), Achtecke (Fig. 6 und 7), endlich Sechsecken sich nähernde, langgezogene Figuren (Fig. 11, 14) anzuführen.

Von den aufgezählten Typen ist das Dreieck mit nach vorne gewendeter Spitze am längsten durch v. Kobell[1] bekannt. Typus 1 und 2 wurden von C. Meyer[2] mit Essigsäure, Typus 6 (Deltoide) von Tschermak[3] mit Schwefelsäure dargestellt. Verschiedene, fast durchgehends von stark gekrümmten Linien begrenzte Formen, welche hier aufgezählten Typen entsprechen, hat Haushofer[4] in sehr naturgetreuen Abbildungen mitgetheilt.

Ohne in eine ermüdende Beschreibung der einzelnen Formen einzugehen, verweise ich bezüglich des Details auf die Abbildungen, welche mit der Camera lucida nach der Natur gezeichnet sind. Ich habe es meistens unterlassen, ganze Präparate zu zeichnen und ich begnügte mich, einzelne Ätzfiguren darzustellen, welche sämmtlich so orientirt sind, dass der Polwinkel der

---

[1] Sitzgsber. d. k. baier. Akademie d. W. zu München, Jahrg. 1862. Bd. I, p. 204.

[2] Neues Jahrb. f. Mineral., Geologie und Paläontol., Bd. I (1883), pag. 74.

[3] Mineral. und petrogr. Mitth., Bd. IV (1882), p. 102.

[4] l. c.

Spaltungsfläche oben, der stumpfe Seitenwinkel aber unten zu denken ist, wie in Fig. 1.

Bezüglich des Bodens der Ätzfiguren lässt sich im Allgemeinen sagen, dass in der Regel von sämmtlichen Winkeln des Umrisses vertiefte, gerade oder gekrümmte Kanten gegen einen tiefsten Punkt zusammenlaufen, welcher bald in der Mitte, bald mehr gegen die vordere, bald mehr gegen die hintere Begränzung der Figur gelegen ist. Häufig ist aber diese vertiefte Ecke durch eine der Spaltungsfläche parallele Fläche abgestumpft, deren Umriss dem der ganzen Ätzfigur ähnlich und nicht selten fast eben so gross als letzterer ist. Manchmal zeigt aber der Boden der Ätzfigur sehr verwickelte Verhältnisse; namentlich wenn, so zu sagen, eine zweite Ätzfigur von anderer Form in den Boden der Hauptfigur eingegraben ist. (Z. B. Fig. 21 Taf. II, Fig. 51 Taf. III). Dadurch können in der Ätzfigur neben den gewöhnlichen einspringenden auch ausspringende Kanten vorkommen, was insbesondere bei Ätzungen mit Schwefelsäure, Chromsäure und Phosphorsäure gar nicht selten zur Beobachtung kommt.

Was nun das Vorkommen der oben aufgezählten Umrissformen der Ätzfiguren anbelangt, so ist zunächst als eine Thatsache von grosser Wichtigkeit hervorzuheben, dass man mit einer und derselben Säure, z. B. Salpetersäure, fast alle Haupttypen der Ätzfiguren erhalten kann (vergl. Fig. 30—36, Taf. II). Bei einer und derselben Ätzung erhält man aber in der Regel im Umriss ähnliche und nur bezüglich des Bodens verschiedene Ätzfiguren. Es muss aber anderseits auch hervorgehoben werden, dass nicht mit jeder Säure alle überhaupt beobachteten Figuren dargestellt werden konnten, und dass bei aller Ähnlichkeit der Haupttypen, fast jeder Säure gewisse Eigenthümlichkeiten im feineren Detail der Formen zukommen.

Bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Ätzfiguren ist selbstverständlich nicht daran zu denken, dieselben ohne Weiteres aus den Richtungen der einschneidenden Lösungsflächen, als welche früher die Flächen des Rhomboeders — $2R$ nachgewiesen wurden, zu erklären; es sind vielmehr offenbar noch eine Reihe besonderer Bedingungen von wesentlicher Bedeutung. Von diesen Bedingungen lassen sich — abgesehen von der chemischen Natur der angewendeten Säure — namentlich:

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1. Die Concentration, 2. die Temperatur als wichtig nachweisen. Um zunächst diese Punkte experimentell zu belegen, führe ich folgende Versuche mit Ameisensäure als Beispiel an:

1. Ameisensäure verschiedener Concentration.

a) Bringt man einen Tropfen concentrirter Ameisensäure (1·2 specifisches Gewicht) auf eine Spaltungsfläche und entfernt man denselben nach einiger Zeit durch rasches Abwaschen mit dem Strahl der Wasserleitung, so erhält man meistens ziemlich grosse viereckige Ätzfiguren von der Form der Fig. 4, *e* Taf. I. Ausserdem erscheinen, jedoch in der Regel seltener, die in Fig. 4, *a*, *b*, *c*, *d* abgebildeten Formen.

b) Macht man denselben Versuch mit einer zur Hälfte verdünnten (50%) Säure, so entstehen grosse fünfeckige oder sechseckige Ätzfiguren mit nach vorne gerichteter Spitze von der Form der Figur 8, *a* und *b*.

c) Mit 30% Säure erhält man Dreiecke mit nach vorne gerichteter Spitze von den Formen der Fig. 12.

d) Mit 10% Säure endlich erhält man nach längerer Einwirkung zweierlei typisch verschiedene Ätzfiguren und zwar ganz kleine, scharf contourirte, mit der Spitze nach rückwärts gerichtete Fünfecke (Fig. 15, *b*) und grössere, meist sehr schlecht ausgebildete dreieckige Figuren, deren Spitze nach vorne sieht (Fig. 15, *a*).

(Bei allen länger dauernden Ätzungen, namentlich mit verdünnter Säure entstehen auch die in der ersten Abhandlung beschriebenen Lösungsgestalten).

2. Dieselben Concentrationen der Ameisensäure bei erhöhter Temperatur.

Die vorstehend aufgeführten Säureconcentrationen wurden nun auch in einem Schälchen zum Kochen erhitzt und in dieselben Spaltungsrhomboeder eingetaucht oder aber ein Tropfen der kochenden Flüssigkeit mit einem Glasstabe auf den auf einer Glasplatte liegenden Krystall gebracht. Diese geringe Modification des Ätzverfahrens ergab ganz verschiedene Figuren; wohl desshalb, weil beim Betupfen mit Säure die Temperatur rasch

sinkt, während beim Eintauchen in der That kochende Säure mit der Krystallfläche in Berührung kommt.

A. Eintauchen in kochende Säure.

a) Concentrirte Säure gibt schmale, lange Dreiecke oder Fünfecke mit nach rückwärts gewendeter Spitze (Fig. 5).

b) 50% Säure gibt lange, von gebogenen Seiten begrenzte, als modificirte Sechsecke aufzufassende Figuren von der Form der Fig. 11.

c) 30% Säure gibt ähnliche, doch nicht identische Figuren wie vorher von den Formen der Fig. 14.

B. Betupfen mit kochender Säure.

a) Concentrirte Säure gibt ganz kleine Vierecke oder Achtecke, denen manchmal eine tetragonale Symmetrie zuzukommen scheint, welche erst bei genauerer Untersuchung sich als eine monoklinische erweist. (Fig. 6, *a* und Fig. 7.) (Gegen die Peripherie des einwirkenden Säuretropfens erscheinen auch Figuren, welche jenen ähnlich sind, die man mit kalter concentrirter Säure erhält [Fig. 6, *b*].)

b) 50% Säure gibt Fünfecke oder Dreiecke mit polwärts gewendeter Spitze. Letztere sind häufiger (Fig. 10).

c) 30% Säure gibt ähnliche Formen, wie die 50% Säure, doch vorwiegend Fünfecke (Fig. 13).

Um ein zweites Beispiel des Einflusses der Concentration der Säure auf die Formen der Ätzfiguren zu geben, mögen noch einige Versuche mit Salpetersäure hier Platz finden. Die Krystalle wurden mittelst eines Glasstabes mit einem Tropfen Säure betupft, welcher dann nach einiger Zeit mit einem Wasserstrahle rasch weggewaschen wurde.

a) Mit concentrirter, käuflicher Säure erhält man quer verlängerte Deltoide, deren hintere Spitze abgestumpft oder abgerundet ist (Fig. 30).

b) Mit 20 Theilen concentrirter, käuflicher Säure auf 80 Theile Wasser (20% Säure) erhält man nach längerer Einwirkung Dreiecke mit vorderer Spitze (Fig. 31, *c*, *d*), nach sehr kurzer Einwirkung auch Rechtecke (Fig. 31, *a*).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

c) Mit 10% Säure erhält man Dreiecke wie vorher; doch häufig ist an denselben eine schmale Abstumpfung der nach vorn laufenden Kante zu bemerken (Fig. 32).

d) Mit 5—3% Säure erhält man meist Vierecke, welche man sich durch Abstumpfung der vorderen Spitze eines Dreieckes entstanden denken kann oder Fünfecke mit nach hinten gerichteter Spitze (Fig. 33 und 34).

e) Mit 2% Säure erhält man Fünfecke oder Dreiecke mit nach hinten gerichteter Spitze (Fig. 35).

Über den Einfluss der Natur der Säure auf die Form der Ätzfiguren ergeben meine Versuche so viel, dass ein solcher vorhanden ist, wie aus dem Vergleiche der mit verschiedenen Säuren entstehenden Figuren hervorgeht. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Abbildungen, von welchen Fig. 2—15 die Ameisensäure, Fig. 16—28 die Essigsäure, Fig. 29 die Picrinsäure Fig. 30—36 die Salpetersäure, Fig. 38—46 die Salzsäure, Fig. 47—52 die Phosphorsäure, Fig. 53—56 die Schwefelsäure, Fig. 57—60 die Chromsäure betreffen. Doch ergibt sich, dass der Einfluss der Natur der Säure von geringerer Wichtigkeit ist, als der Einfluss der Concentration derselben Säure, denn die Verschiedenheiten der Formen, welche man durch Änderung der Concentration derselben Säure erhalten kann, sind im Allgemeinen viel auffälliger als die Verschiedenheiten, welche man durch verschiedene Säuren erhält. Doch könnte man sich über diesen Punkt erst dann mit grösserer Bestimmtheit aussprechen, wenn weit zahlreichere und mannigfaltigere Versuche vorliegen würden, als ich sie angestellt habe. Doch möchte ich Folgendes als bemerkenswerth hervorheben:

1. Wasserfreie Säuren scheinen keine Ätzfiguren hervorzurufen.

Es gelang wenigstens nicht, weder mit wasserfreier Essigsäure, noch mit englischer Schwefelsäure, noch mit trockenem Salzsäuregas Ätzfiguren hervorzurufen. Bezüglich der Versuche mit Schwefelsäure muss ich hervorheben, dass ein mit concentrirter englischer Schwefelsäure geätzter Krystall nicht mit Wasser gewaschen werden darf, wenn man dies constatiren will, denn in dem Momente des Waschens entstehen sofort Ätzfiguren. Man muss vielmehr den Tropfen concentrirter Säure entweder mit

Filtrirpapier absaugen, oder den Krystall in absolutem Alkohol waschen. Obwohl keine Ätzfiguren entstehen, greift die englische Schwefelsäure einen Kalkspathkrystall unter mässiger Kohlensäureentwicklung an. Absolut wirkungslos ist aber Eisessig und trockenes Salzsäuregas. Der Versuch mit letzterem wurde in folgender Weise angestellt. Auf den Boden einer starken Eprouvette wurde trockenes Kochsalz gebracht. Hierauf wurde dieselbe vertical in einem Halter festgeklemmt und auf den Boden derselben ein kleines Schälchen mit concentrirter Schwefelsäure gebracht, mit der Vorsicht, dass keine Schwefelsäure verschüttet wurde. Die Eprouvette wurde hierauf mit einem durchbohrten Kautschukpfropfen gut verschlossen, durch dessen Bohrung ein Glasstab gesteckt war, an dessen unterem Ende mittelst Klebwachs ein Spaltungsrhomboëder mit frischen Spaltflächen befestigt wurde.

Der Apparat blieb nun einige Zeit stehen, um ihn ganz auszutrocknen. Hierauf wurde die Schwefelsäure durch Neigen der Eprouvette auf das Kochsalz geschüttet und die nun beginnende Salzsäureentwicklung durch Erwärmen befördert. Auch nach längerer Zeit zeigte das Kalkspathrhomboëder ganz scharfe Kanten, vollkommen intakte Flächen und keine Spur von Ätzfiguren.

2. Ameisen-, Essig- und Schwefelsäure geben bei geringem Wasserzusatz ähnliche Ätzfiguren, wie Salz- und Salpetersäure bei starker Verdünnung mit Wasser.

Ameisensäure und Essigsäure geben bei geringem Wassergehalt rechteckige oder nach rückwärts spitzige, fünfeckige Ätzfiguren. Mit Salzsäure und Salpetersäure kann man ähnliche Figuren erst erhalten, wenn man die käuflichen concentrirten Säuren bis auf $5-2\%$ verdünnt. Schwefelsäure mit wenig Wasser verdünnt scheint ebenfalls rechteckige Ätzfiguren zu geben; doch liess sich dies nicht gut constatiren, weil stärkere Lösungen von Schwefelsäure immer Ausscheidungen von fest auf dem Krystall haftenden Gypsniederschlägen bewirken.

3. Ameisen-, Essig- und Schwefelsäure geben erst bei ziemlich starkem Wasserzusatz ähnliche Ätzfiguren, wie sie Salz- und Salpetersäure in verhältnissmässig starken Concentrationen ergeben. Ameisensäure muss man auf circa 30%, Eisessig auf

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

circa 9%, Schwefelsäure auf circa 6% verdünnen, um Dreiecke mit nach vorne gerichteter Spitze zu erhalten, während die käufliche concentrirte Salz- und Salpetersäure schon bei wenig Wasserzusatz ähnliche Formen hervorrufen.

Bezüglich der Salzsäure muss jedoch hier bemerkt werden, dass einige Angaben Haushofer's[1] mit meinen Beobachtungen nicht übereinstimmen. Haushofer bildet nämlich viereckige und sechseckige Ätzfiguren ab, welche er mit concentrirter Salzsäure erhalten zu haben angibt, während ich — zwar nicht ganz identische — aber ähnliche Formen nur mit sehr verdünnter (1—3%) Salzsäure erhielt. Es liegt daher nahe zu vermuthen, dass diese durch Ätzen mit concentrirter Säure erzeugten Figuren Haushofer's ihre definitive Form erst beim Waschen des Krystalles, das heisst also durch Einwirkung sehr verdünnter Säure erhalten haben. Will man sicher sein, den reinen Ätzeffect der concentrirten Säure zu haben, ist es am besten, das Waschen ganz zu unterlassen und die Säure mit Filtrirpapier zu entfernen. Doch schadet auch Entfernen der Salzsäure mit einem Wasserstrahle nicht. Wirft man aber den mit Säure bedeckten Krystall in eine Schale mit Wasser, so erhält man in der Regel secundäre Veränderungen der Ätzfiguren.

VIII. Capitel.

Entwicklung der Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche. Abhängigkeit der Form von der Geschwindigkeit der Entwicklung. Instantane und retardirte Ätzfiguren.

Es wurde bereits in der ersten Abhandlung[2] auf die eigenthümliche Entstehung der Ätzfiguren hingewiesen, welche wesentlich von jener der Lösungsgestalten verschieden ist. Die Lösungsgestalten bestehen während des ganzen Lösungsvorganges — wenn sie sich überhaupt bilden — und rücken in der Regel unter forwährendem Abschmelzen ihrer Flächen und Kanten, oft auch unter secundären Formveränderungen, allmählig weiter. Die typischen Ätzfiguren dagegen entwickeln sich binnen ver-

[1] l. c., Taf. I, Fig. 9 und 10.
[2] l. c. p. 370 (3).

hältnissmässig kurzer Zeit, bleiben dann — ohne sich weiter zu vergrösseren—unverändert stehen, bis sie endlich durch anderweitige Lösungsvorgänge oder durch neue selbständig entstehende Ätzfiguren zum Verschwinden gebracht werden.

Der Umstand, dass man niemals wissen kann, wo gerade eine Ätzfigur sich bilden wird, erschwert sehr die Beobachtung der Entwicklung; umsomehr, als dieselbe häufig eine ganz ausserordentlich rasche ist. Da man ausserdem nur mit stärkeren Vergrösserungen das Anfangsstadium einer Ätzfigur wahrnehmen kann, so ist es ein glücklicher Zufall, wenn beim Ätzen eines Krystalles unter dem Mikroskope gerade in einem Punkte des Gesichtsfeldes, auf welchen man aufmerksam ist, eine Ätzfigur auftritt. Kleine Ätzfiguren sind unter Flüssigkeit überdies sehr blass; es ist daher wohl schwer möglich die erste Spur einer solchen zu sehen. Zu alldem kommt noch der Umstand, dass im Ganzen beim Zusatze von Säuren zu einem unter dem Deckglase liegenden Krystalle die Ätzfiguren weniger zahlreich auftreten, als beim Betupfen eines grösseren Krystalles mit einem Tropfen Säure. Manchmal bleiben bei der Ätzung unter dem Deckglase die Ätzfiguren überhaupt ganz aus, wenn nämlich das Deckglas dem Krystalle dicht umliegt. Es wurde daher bei der Beobachtung der Entstehung der Ätzfiguren folgendermassen verfahren: Zunächst wurde ein kleines Spaltungsrhomboëder mittelst einer Lösung von Dammarharz in Xylol auf einen Objectträger gekittet. Dies ist zweckmässig, damit der Krystall durch die Flüssigkeitsströme und die Kohlensäureentwicklung sich nicht verschieben kann. Hierauf wurde ein Deckglas aufgelegt, das nur mit einem Rande den Objectträger berührte, an der entgegengesetzten Seite aber mittelst eines kleinen Klümpchens Klebwachs so an den Objectträger befestiget wurde, dass das Deckglas von der oberen Fläche des Krystalles merklich abstand; jedoch nicht mehr, als dass noch die Benützung eines mittelstarken Objectives möglich war. Hierauf wurde der Raum unterhalb des Deckglases mit Wasser ausgefüllt und nun die obere Fläche des Krystalles eingestellt. Nun erst wurde ein Tropfen Säure an den Rand des Deckglases gebracht, der durch Diffusion in das Wasser eindrang. Die Concentration der wirkenden Säure ist daher im Allgemeinen bei diesen Versuchen unbestimmt. Nur

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

die concentrirte Ameisensäure wurde auch direkt — ohne Wasser — zugesetzt, weil in diesem Falle die Ätzfiguren sich sehr langsam entwickeln.

Mit concentrirter Ameisensäure (1·2 spec. Gewicht) sieht man als erste Spur einer Ätzfigur zuerst ein ganz kleines Rechteck. Dasselbe vergrössert sich im Verlaufe von etwa ein bis zwei Minuten ganz allmählig und zuletzt so langsam, dass man nur durch Controle mit dem Ocularmikrometer das Auseinanderrücken der Seiten constatiren kann. Schliesslich steht die Figur still und zeigt auch nach langer Beobachtung keine Veränderung, vorausgesetzt dass nicht anderweitige Lösungserscheinungen (Abschmelzen der Ränder der Figur, Lösungsgestalten, neue Ätzfiguren) die Figur zerstören. Die Erweiterung der Figur während der Bildung geschieht anscheinend nach allen Seiten ziemlich gleichmässig; nur die hintere Seite, welche anfänglich fast gerade ist, wird allmählig gekrümmt oder geht in eine gebrochene Kante über, wodurch aus dem Rechtecke ein Fünfeck mit undeutlicher hinterer Spitze wird. (Fig. 2, 3). Die Entwicklung anderer Figuren als solcher mit ebenem Boden (Vergleiche Fig. 4, *e*), welche bei weitem die häufigsten sind, habe ich unter dem Mikroskope nicht direct gesehen.

Mit ähnlicher Langsamkeit, wie mit Ameisensäure verlief die Entwicklung mit starker Essigsäure. Hier konnte ich die allmählige Entstehung eines Fünfeckes mit nach hinten gewendeter Spitze aus einem anfänglich kleinen viereckigen Flecke bemerken.

Ganz anders verlief aber der Process mit Salpetersäure. Die erste wahrnehmbare Spur der Ätzfigur war auch hier ein Rechteck, welches jedoch nach der Polseite alsbald etwas ausgezackt wurde und nun in ein Fünfeck mit nach vorn gerichteter Spitze überging, während gleichzeitig fünf Kanten sichtbar wurden, welche ungefähr von der Mitte des Bodens gegen die Ecken ausliefen. Dieses Fünfeck erweiterte sich nun rasch nach allen Seiten, während gleichzeitig die Ecke am Boden der Figur durch eine der Spaltungsfläche parallelen Fläche abgestumpft wurde. Plötzlich, wie mit einem Schlage, rundeten sich nun die vorderen seitlichen Ecken des Fünfeckes ab, wodurch das Fünfeck in ein Dreieck mit abgerundeten Seiten — die bekannteste

Ätzfigur — überging. Dieses Dreieck erweiterte sich noch mit abnehmender Geschwindigkeit und blieb dann bald stehen, ohne sich weiter zu verändern. (vergl. Fig. 36). Die ganze Entwicklung dauerte höchstens 3—4 Secunden, die Umwandlung des Fünfeckes in ein Dreieck geschah fast momentan.

Wieder anders verlief der Process mit Phosphorsäure. Hier zeigte die Ätzfigur schon sobald, als sie sichtbar wurde, die Form eines kleinen Dreieckes mit gebogenen Seiten, das jedoch aus einem Fünfecke entstanden zu sein schien (vergl. Fig. 50, *b*). Dieses Dreieck erweiterte sich ziemlich rasch, jedoch so, dass es mehr der Form eines Dreieckes mit drei gleichen, gebogenen Seiten sich näherte. In einigen Fällen konnte ich eine secundäre Abstumpfung der dreikantigen Ecke am Boden der Figur auftreten und rasch sich vergrössern sehen. Mit Phosphorsäure verlief die Entwicklung der Ätzfigur merklich langsamer als mit Salpetersäure, so dass die letzten Stadien der Erweiterung des Dreieckes nur mit Hülfe des Mikrometers erkannt wurden und ein Feststehen der Figur erst nach circa 30 Secunden eintrat.

Nachdem ich einmal diese Erfahrungen über die ausserordentlich verschiedene Geschwindigkeit, mit welcher sich Ätzfiguren entwickeln können, gemacht hatte, suchte ich mich nach einer anderen Methode über die Abhängigkeit der Entwicklung der Ätzfiguren von der Zeit zu orientiren. Ich kittete mit Damarlack etwas grössere Spaltungsstücke auf je einen Objectträger und betupfte dieselben mittelst eines Glasstiftes mit einem Tropfen Säure, welcher nach Verlauf einer bestimmten Zeit mit dem Strahl der laufenden Wasserleitung abgewaschen wurde. Die Zeitmessung geschah in ganz roher Weise durch Zählen unter Controle einer Uhr. Es kam zunächst ja nur darauf an, überhaupt den Einfluss der Zeit auf die Bildung verschiedener Ätzfiguren zu constatiren. Die Zeitangaben sind daher nur als beiläufige Schätzungen anzusehen. Unter „momentan“ ist im Folgenden die Zeit zu verstehen, welche nothwendig war, um einen Krystall, sofort nach dem Betupfen mit Säure, unter den dicht daneben befindlichen Wasserstrahl zu bringen. Diese Zeit ist jedenfalls kürzer als eine halbe Secunde.

Betupft man einen Krystall mit einem Tropfen (etwa 20% Salpetersäure und lässt denselben einige Secunden einwirken,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

so findet man die ganze Krystallfläche mit dichtstehenden Ätzfiguren verschiedenster Grösse bedeckt. Dies rührt daher, dass fortwährend neue Ätzfiguren sich bilden. Die grössten sind die zuerst, die kleinsten die zuletzt entstandenen. Lässt man die Säure nur eine oder zwei Secunden einwirken, so sind die Ätzfiguren von viel gleichmässigerer Grösse. Bei momentaner Ätzung sind dieselben sehr klein und alle nahezu von derselben Grösse. Sucht man an jedem Präparate die grössten Ätzfiguren — was übrigens, wie gesagt, nur für relativ länger dauernde Ätzungen in Frage kommt, — so darf man wohl annehmen, dass dieselben das der betreffenden Zeit entsprechende Entwicklungsstadium darstellen. Bei Ätzungen mit stärkerer Salpetersäure, Salzsäure etc. darf man übrigens über 5—7 Secunden nicht hinausgehen, da man seltener nach dieser Zeit noch merkliche Vergrösserungen der Ätzfiguren bemerkt und ausserdem das dichte Ineinandergreifen alter und neuer Figuren das Präparat unbrauchbar macht.[1]

Fig. 31 gibt eine Reihe von Ätzfiguren wieder, welche mit 20% Salpetersäure nach der eben beschriebenen Methode dargestellt sind, und zwar sind *a* und *b* momentan, *c* nach 2—3 Secunden, *d* nach 6 Secunden gebildet. Es ist mir ein einziges Mal gelungen, mit verdünnter Salpetersäure das früher beschriebene Stadium, in welcher die Ätzfigur ein Fünfeck bildet, zu fixiren (Fig. 36, *b*); fast ausnahmslos erhält man Dreiecke, wann immer die Ätzung unterbrochen werden mag. Da die Umwandlung des Fünfeckes in ein Dreieck, wie die directe Beobachtung lehrte, ungemein rasch erfolgt, so ist es im Allgemeinen begreiflich, dass dieses Stadium sich schwer fixiren lässt. Es ist aber auch möglich, dass das Stadium des deutlichen Fünfeckes, ähnlich, wie dies für die Phosphorsäure als Regel gilt, mitunter auch mit Salpeter-

---

[1] Durch dichtes Aneinanderdrängen von Ätzfiguren bei längerer Wirkung der Säure können ziemlich regelmässige Erhöhungen entstehen, wie bereits Haushofer und Baumhauer bemerkten. Man könnte diese Erhöhungen, deren Entstehung durch Ätzfiguren in der Regel sehr leicht zu erkennen ist, als falsche Lösungsgestalten von den wahren unterscheiden. Ich habe eine Gruppe solcher zwischen dicht gedrängten Ätzfiguren befindlicher Erhöhungen — mit Phosphorsäure dargestellt — in Fig. 52 abgebildet.

säure ganz ausfällt. Mit ähnlicher Raschheit, wie mit verdünnter Salpetersäure entstehen die Ätzfiguren auch mit verdünnter Salzsäure, wovon Fig. 40 ein Beispiel gibt. (50% Säure, *a* momentan, *b* 2 Secunden, *c* 4 Secunden.) Concentrirte Salpeter- und Salzsäure wirken ebenfalls sehr rasch, wofür Fig. 30 und 39 als Beispiel dienen können. Auch concentrirte Phosphorsäure und Chromsäure (Fig. 57) wirken sehr rasch. Dass concentrirte Schwefelsäure (spec. Gewicht 1·845) keine Ätzfiguren erzeugt, wurde schon früher erwähnt; man erhält sie aber sofort, wenn der Tropfen, mit welchem der Krystall betupft wurde, mit Wasser abgewaschen wird durch die dabei stattfindende Verdünnung und Erwärmung der Säure (Fig. 56).

Alle bisher erwähnten Bildungen sind durch ihre rasche Entwicklung ausgezeichnet und können in Beziehung auf diese als instantane Ätzfiguren bezeichnet werden.

Als eine zweite Gruppe, welche durch die Langsamkeit der Entwicklung ausgezeichnet ist, kann man retardirte Ätzfiguren unterscheiden.

Als Typus retardirter Ätzfiguren können die mit concentrirter Ameisensäure erzeugten gelten. Mit dieser Säure erhält man nach momentaner Ätzung keine deutliche Spur einer Wirkung; erst nach Verlauf von etwa 10 Secunden sind Rechtecke in einem Stadium zu sehen, in welchem sie mit 20% Salpetersäure schon nach momentaner Wirkung sich befinden (Fig. 2, 3, *a*). Die Vergrösserung nach einer Minute ist noch nicht sehr bedeutend (Fig. 2, 3, *b*),' noch nach $1^1/_2$ Minuten (Fig. 2, 3, *c*) hat die Figur bei weitem nicht das mögliche Maximum ihrer Grösse erreicht; es scheint, dass dieselbe 2—3 oder noch mehr Minuten wachsen kann. Die retardirten Ätzfiguren haben wesentlich andere Formen als die instantanen. Während letztere schliesslich einen dreieckigen oder deltoidischen Umriss mit vorderer Spitze erhalten, zeigen die ausgesprochen retardirten Ätzfiguren entweder einen rechteckigen, viereckigen oder fünfeckigen Umriss mit vorderer Abstumpfung. Ätzfiguren, welche den mit Ameisensäure erzeugten sehr ähnlich sind, aber nie so bedeutende Grösse erreichen, erhält man auch mit concentrirter Essigsäure; sehr häufig entwickeln sich aber nur rechteckige, zum Theil unregelmässige Flecken (wie in Fig. 16), während Fünfecke, wie sie in Fig. 17,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

18 und 19 abgebildet sind, fehlen können. Die Figuren entwickeln sich aber, wenn sie überhaupt auftreten, mit ähnlicher Langsamkeit, wie jene der Ameisensäure.

Es wurde bereits früher nachgewiesen, dass man sowohl mit Ameisensäure als mit Salpetersäure sehr verschiedene Ätzfiguren je nach der Concentration und Temperatur erzeugen kann; es liegt daher auch die Annahme nahe, dass diese Formverschiedenheiten mit Differenzen in der Geschwindigkeit der Entwicklung zusammenfallen. In der That lässt sich auch ein solcher Zusammenhang von Form und Geschwindigkeit der Entwicklung einer Ätzfigur constatiren.

Man kann nämlich einerseits mit verdünnter Ameisensäure instantane Ätzfiguren erzeugen, welche die Form von Dreiecken mit nach vorne gewendeter Spitze haben; anderseits mit sehr verdünnter Salz- und Salpetersäure retardirte Ätzfiguren darstellen, welche den mit concentrirter Ameisensäure erzeugten Figuren ähnlich sind. Nimmt man Ameisensäure, welche man zur Hälfte mit Wasser verdünnt, so entwickeln sich die Ätzfiguren schon viel rascher als mit concentrirter Säure und es zeigt sich bereits eine polwärts gewendete Spitze (Fig 8). Erhitzt man aber diese verdünnte Säure zum Kochen, so erhält man schon nach 2—3 Secunden instantane Figuren als Dreiecke mit polwärts gewendeter Spitze (Fig. 9). Nimmt man dagegen Salpeter- oder Salzsäure von etwa 2—5%, so entstehen bei nur Secunden dauernder Wirkung keine deutlichen Ätzfiguren; im Verlaufe von 15 bis etwa 45 Secunden entwickeln sich aber retardirte Ätzfiguren, welche — zum Theile — den mit concentrirter Ameisen- oder Essigsäure entstehenden sehr ähnlich sind. (Vergl. Fig. 35 [Salpetersäure], Fig. 45 und 46 [Salzsäure], Fig. 17, 18 [Essigsäure], Fig. 4 [Ameisensäure.])

Instantane und retardirte Ätzfiguren sind die Endglieder einer Reihe von Formen, welche sich durch verschiedene Geschwindigkeit der Entwicklung unterscheiden. Wollte man alle Ätzfiguren in diese beiden Kategorien unterbringen, so könnte daher die Grenze nur willkürlich gezogen werden. Vorläufig können wir uns damit begnügen, als instantane Ätzfiguren solche zu bezeichnen, an welchen schon nach 1—2 Secunden dauernder Säurewirkung die definitive Form — wenn auch nicht

Grösse — sichtbar ist. Obwohl ich bei Weitem nicht alle Ätzfiguren der Spaltungsfläche auf die Geschwindigkeit ihrer Entwicklung prüfte, glaube ich doch nicht zu irren, wenn ich alle Dreieck- und Deltoidformen mit polwärts gewendeter Spitze als instantane, alle Ätzfiguren aber, welche polwärts eine Kante als Abgrenzung haben, als retardirte betrachte.

IX. Capitel.

Versuch einer Erklärung der Ätzfiguren der Spaltungsfläche. Chemische Härtecurve. Zusammenfassung der bisher gewonnenen Resultate.

Der ursprüngliche Umriss aller retardirten Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche ist ein Rechteck, dessen Seiten den Diagonalen der Spaltungsfläche parallel sind. Es entsprechen also die Umrisslinien dieser Figur genau den Richtungen, in welchen die Flächen des Lösungs-Rhomboëders $-2R$ einschneiden. (Vergl. Fig. 1, *A*.) Knüpfen wir an die theoretischen Bemerkungen im II. Capitel der ersten Abhandlung an, so wird es aus den dort auseinander gesetzten Prinzipien erklärlich erscheinen, dass durch die von einem Punkte ausgehende Zerstörung von Substanz nach den genannten Richtungen schliesslich eine rechteckige Umrissfigur entstehen wird. Dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn die Zerstörung langsam fortschreitet.

Der Boden der Figur kann im Allgemeinen die Flächen des Lösungs-Rhomboeders nicht genau wiedergeben. Dies leuchtet vor Allem bezüglich des hinteren Randes ein; denn dieser müsste vermöge der Lage der Flächen des Lösungs-Rhomboëders ein überhängender werden. Ein solcher kann aber unmöglich bestehen, da er ja vor Allem der Zerstörung ausgesetzt wäre. Aber auch die anderen Lösungsflächen könnten sich nur dann entwickeln, wenn überall genau gleichzeitig mit derselben Geschwindigkeit Substanz nach den Lösungsflächen abgetragen würde. Das wird aber schon desshalb im Allgemeinen nicht zutreffen, weil in der Tiefe weniger günstige Bedingungen für die Lösung bestehen, als an den Rändern der Figur und die Säure in einer Grube ziemlich bald sich sättigen wird. Die allgemeine Tendenz der Ätzfiguren, einen flachen Boden zu bekommen, beruht wohl

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

darauf, dass gewöhnlich am zuerst angegriffenen Punkte die Zerstörung stille steht, während sie gegen die Peripherie noch fortschreitet. Im günstigsten Falle wird die Flächenlage der Figur insoweit der des Lösungs-Rhomboëders ähnlich werden, dass von den seitlichen und den vordern Rändern Flächen abfallen, welche den Lösungsflächen sich nähern. Für den hinteren Rand wird jedoch selbst dieses aus dem früher angeführten Grunde nicht zutreffen. An diesem muss sich im Gegentheile — wenn wir von secundär auftretenden Kanten absehen — eine Fläche von entgegengesetzter Lage sich ausbilden.

Ätzfiguren, welche in dieser Einschränkung der Lösungs gestalt entsprechen, erhält man durch Essigsäure (Fig. 22) und Ameisensäure als Vier- und Fünfecke; überhaupt behalten alle stark retardirten Ätzfiguren eine noch deutlich erkennbare Beziehung zu den Lösungsflächen.

Dass dies durchaus nicht mehr der Fall ist bei allen instantanen Ätzfiguren, hat seinen Grund darin, dass die verschiedene Löslichkeit der Substanz in verschiedenen Richtungen eine eminente Bedeutung gewinnen muss, wenn die Lösung sehr rasch nach allen Seiten fortschreitet. Um diesen Punkt klarer zu machen, ist es zweckmässig, zunächst auf die Härte der Krystallflächen etwas einzugehen, da diese Analogien bietet, welche die Beziehungen von Löslichkeit und Lösungsflächen verständlicher machen können.

Es ist seit Frankenheim, insbesondere aber durch F. Exner[1] bekannt, dass sehr nahe Beziehungen zwischen der Härte der Krystallflächen und der Spaltbarkeit bestehen.

Misst man die Härte durch die Belastung, welche der ritzenden Spitze eines Sklerometers ertheilt werden muss, damit eine unter derselben fortbewegte Krystallfläche eben geritzt wird, so ergibt sich, dass diese Belastung eine nach den Richtungen der Krystallfläche veränderliche ist. Bestimmt man die Härte für die verschiedenen Richtungen, wobei im allgemeinsten Falle die Bewegungen in derselben Linie, aber im entgegengesetzten Sinne verschiedene Härte ergeben, durch die belastenden Gewichte und trägt diese als Längen in eine graphische Construction der

[1] Untersuchungen über die Härte der Krystallfläche. Wien 1873.

Richtungen auf und verbindet die Endpunkte dieser Linien, so erhält man eine Härtecurve der betreffenden Krystallfläche im Sinne Exner's. Dieselbe weist im Allgemeinen mehrere Maxima und Minima, oft von ungleichem Werthe auf, deren Anordnung jedoch in einfacheren Fällen meistens eine deutliche Beziehung zu den Spaltungsrichtungen zeigt.

Nach den Untersuchungen Exner's schien es, dass die Beziehungen zwischen der Härte einer Krystallfläche und der Spaltbarkeit relativ einfache seien. Dies wurde durch neuere Untersuchungen von Fr. Pfaff,[1] welche nach einer weit exacteren Methode angestellt wurden, als sie der älteren Sklerometrie zu Grunde lag, nicht bestätigt, und es ist vorläufig gar nicht daran zu denken, den Zusammenhang von Härte und Spaltbarkeit durch mathematische Formeln auszudrücken.

Dennoch empfiehlt es sich, an die empirisch festgestellten Beziehungen von Härte und Spaltbarkeit anzuknüpfen, um eine Vorstellung von dem Zusammenhange der Lösungsflächen und der Löslichkeit eines Krystalles nach verschiedenen Richtungen einer Krystallfläche zu gewinnen.

Denken wir uns nun zunächst die Lösungsflächen als Spaltungsflächen, so können wir annähernd die allgemeine Form der Härtecurve angeben, welche der Grund-Rhomboëderfläche des Kalkspathes zukommen würde, wenn $-2R$ das Spaltungs-Rhomboëder wäre. Der Fall, um den es sich hier handelt, ist verhältnissmässig einfach, und es lässt sich aus den analogen, von Exner untersuchten Fällen wohl mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass vier Minima vorhanden sein werden, von welchen je zwei in die Richtungen der Diagonalen des Grund-Rhomboëders mit anderen Worten in die Richtungen der Combinationskanten der Lösungsflächen fallen.

Durch die Untersuchungen Exner's ist in mehreren Fällen festgestellt, dass zwei mit parallelen Combinationskanten und mit gleichen, aber entgegengesetzten Neigungen auf die untersuchte Fläche einschneidende Spaltungsebenen, wie eine einzige, senkrecht einschneidende Spaltungsebene betrachtet werden

[1] Sitzungsber. d. k. b. Akademie d. Wissensch. zu München, Bd. XIII. Jahrg. 1883, pag. 55 und 372.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

können. Dadurch reducirt sich der vorliegende Fall auf denjenigen, welchen Exner auf den Prismenflächen des Schwerspathes und des rothen Blutlaugensalzes genauer untersucht hat. Berücksichtigt man, dass die Richtung in der Klinodiagonale voraussichtlich eine geringere Härte ergeben muss, als die Richtung der horizontalen Diagonale, in welcher eine geneigte Fläche einschneidet und dass vermöge der monoklinischen Symmetrie der Fläche die in die lange Diagonale fallenden Minima gleich, die in die kurze Diagonale fallenden aber ungleich sein müssen; berücksichtigt man endlich, dass bei schief einschneidenden Spaltungsflächen die Härte in der Richtung vom stumpfen Spaltungswinkel gegen den spitzen stets eine grössere ist, als in der entgegengesetzten, so kann man erschliessen, dass das kleinste Minimum in die kurze Diagonale und zwar in die Richtung vom Pol zur Seitenecke, das nächstgrössere in die entgegengesetzte Richtung fällt, die beiden gleichen, grössten Minima aber der langen Diagonale angehören. Über die Maxima lässt sich nur soviel aussagen, dass deren vier vorhanden sein werden. Genauere Angaben über Richtung und Grösse derselben lassen sich jedoch nicht machen. Der untere Theil der Figur 1(B), welche im Wesentlichen der von Exner auf einer Prismenfläche des rothen Blutlaugensalzes gefundenen Härtecurve nachgebildet ist, kann eine annähernde Vorstellung von einer möglichen, chemischen Härtecurve der Fläche des Grund-Rhomboeders des Kalkspathes geben.

Unter chemischer Härtecurve soll aber im Folgenden die Curve verstanden werden, welche sich nach Analogie der sklerometrisch festgestellten Thatsachen ergeben würde, wenn die Lösungsflächen mechanische Spaltungsflächen wären.

Es handelt sich nun darum, eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wie der Lösungsvorgang, der bei der Bildung einer Ätzfigur stattfindet, mit der in allgemeinen Zügen abgeleiteten chemischen Härtecurve zusammenhängt. Dass ein solcher Zusammenhang bestehen wird, darüber dürfte — wenn man überhaupt die Existenz von Lösungsflächen in dem früher festgestellten Sinne zugibt — wohl kein Zweifel sein. Es ist aber vorläufig nicht möglich, diesen Zusammenhang in seinen Einzelheiten aufzudecken.

Der bei der Bildung einer Ätzfigur stattfindende Process lässt sich vorläufig noch nicht genau übersehen. Man muss sich mit der Annahme begnügen, dass von einem Punkte nach allen Seiten ein besonders intensiver Lösungsvorgang ausgehe, der sich aber bald erschöpft. Dieser Lösungsvorgang wird wohl eingeleitet werden durch einen für die Lösung besonders günstigen Bewegungszustand (erhöhte, kinetische Energie) der Säuremoleküle an einem Punkte, welcher Bewegungszustand sich allmälig auf benachbarte Moleküle überträgt, und zwar nach allen Seiten mit derselben Geschwindigkeit — etwa, wie eine von einem Punkte ausgehende Wasserwelle.

Stellt man sich nun den Lösungsvorgang auf einer Fläche vor, in welcher die chemische Härtecurve ein Kreis wäre, d. h. eine amorphe, isotrope Substanz, so müsste eine kreisförmige Ätzfigur sich entwickeln, welche trichter- oder muldenförmig vertieft ist, wobei der tiefste Punkt dem Ausgangspunkt der Bewegung entsprechen würde; denn die Lösung wird umsomehr in die Tiefe greifen, je grösser die Energie der lösenden Substanz und je länger dauernd der Process ist. Die Energie der Moleküle wird mit dem Fortschreiten der Bewegung sich bald erschöpfen, da die Lösung von Substanz nur auf Kosten der Energie der lösenden Flüssigkeit geschehen kann. Für die Zulässigkeit dieser Vorstellungen spricht die Thatsache, dass man auf einer Glasplatte, welche kurze Zeit mit verdünnter Flusssäure[1] oder mit schmelzendem Ätzkali geätzt wird, muldenförmige Ätzfiguren von kreisförmigem Umriss erhält, wie aus Fig. 119, Taf. V zu ersehen ist.

Denken wir uns aber nun eine Krystallfläche mit einer chemischen Härtecurve, so muss durch eine solche das kreisförmige Fortschreiten der Lösung wesentlich modificirt werden. Es lässt sich aber nicht sofort übersehen, welchen Umriss die Ätzfigur in Bezug auf die chemische Härtecurve erhalten wird.

---

[1] Das Hervortreten von krystallartigen Ecken beim Ätzen des Glases mit Flusssäure, welches Leydolt (diese Ber. Bd. VIII, 1852, pag. 261) beschrieb, konnte auch ich an manchen Gläsern bemerken. Es sind aber stets auch kreisförmige Ätzfiguren — manchmal nur solche — zu sehen, welche unregelmässig vertheilt, längs vorher vorhandenen Ritzen aber häufig reihenweise geordnet sind.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Bei flüchtiger Überlegung möchte man glauben, dass der Umriss der Ätzfigur reziprok zur chemischen Härtecurve sich verhalten müsse, d. h. dass in der Richtung des kleinsten Minimums die Figur am weitesten, in der Richtung des grössten Maximums dagegen am wenigsten weit fortschreiten müsse. Denn offenbar entspricht das Minimum der chemischen Härte der Richtung der grössten Löslichkeit, das Maximum der chemischen Härte aber der Richtung der geringsten Löslichkeit in der Krystallfläche. Indessen würde sich ein solcher Umriss der Ätzfigur nur dann einstellen können, wenn dieselbe nur in der Fläche, nicht aber auch in die Tiefe — wie es ja immer der Fall ist — sich ausbreiten würde. Dieser letztere Umstand muss zur Folge haben, dass in der Richtung der grössten Löslichkeit die Figur um so mehr sich vertieft, je rascher der Process fortschreitet, und dass umgekehrt das Fortschreiten der Figur in der Fläche gerade in dieser Richtung relativ behindert wird. Im Ganzen wird eine instantane Ätzfigur, je rascher sie sich entwickelt, um so mehr in ihrem Umrisse der chemischen Härtecurve sich annähern, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass niemals die Minima der Härtecurve in Form von einspringenden Winkeln erscheinen können. Zu besserem Verständniss des Gesagten vergleiche man Fig. 1, *B* und allenfalls die Umrisse instantaner Ätzfiguren, wie sie in Fig. 38, 39 und 40 abgebildet sind.

Bei Betrachtung der verschiedenen Formen der Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche, wie sie auf Taf. I bis III abgebildet sind, lässt sich Folgendes über die Beziehungen derselben zur chemischen Härtecurve entnehmen. Am meisten verkürzt und vertieft erscheinen in der Richtung des kleinsten Minimums die Dreiecke mit vorderer Spitze, wie sie mit Salpeter-, Salz-, Phosphor-, Schwefel- und Chromsäure sehr rasch entstehen und den reinen Typus instantaner Ätzfiguren darstellen. Etwas weniger verkürzt in der Richtung des kleinsten Minimums erscheinen die deltoidischen Ätzfiguren, deren Diagonalen im Ganzen den Minima entsprechen. Bei stärker retardirten Ätzfiguren stellt sich statt der Verkürzung und Vertiefung eine Verlängerung und Abflachung in der Richtung des kleinsten Minimums ein, welche selbst bei extrem retardirten Ätzfiguren, die dem Umriss der Lösungsgestalt sich nähern, meistens noch zu bemerken ist. Die ausserordent-

liche Mannigfaltigkeit der Ätzfiguren dürfte wohl daher rühren, dass die chemische Härtecurve für verschiedene Säuren und Säureconcentrationen Änderungen des Verhältnisses der Maxima und Minima bedingt, ohne dass jedoch die allgemeine Anordnung der Minima alterirt würde. So wird man sich Ätzfiguren, wie sie in Fig. 7 und noch mehr, wie sie in Fig. 28 abgebildet sind, wohl am leichtesten durch die Annahme erklären, dass in diesen Fällen die Maxima und Minima nicht sehr grosse Differenzen zeigten.

Was die Kanten am Boden der Ätzfiguren anbelangt, so laufen dieselben im Allgemeinen von den Ecken der Umrissfigur gegen einen tiefsten Punkt des Bodens zusammen. Es hängt daher die Beschaffenheit der Kanten mit der Geschwindigkeit der Entstehung der Figur zusammen.

Die Variabilität der Richtung der seitlichen vertieften Kanten instantaner Ätzfiguren erklärt sich wohl durch eine inconstante Geschwindigkeit des Fortschreitens der Lösung in der Richtung nach vor- und rückwärts, wenn man gleichzeitig die Voraussetzung macht, dass die Ränder der Figur während ihres Fortschreitens sich stets parallel bleiben, eine Voraussetzung, die ja durch die Beobachtung gerechtfertigt ist. Denn ausgezeichnet instantane Ätzfiguren erreichen sehr bald ihre definitive Form und vergrössern sich, indem ihr Umriss sich selbst geometrisch ähnlich bleibt. Nur unter der Voraussetzung, dass nun die Figur in der Richtung nach vorne und hinten im gleichen Verhältnisse fortschreitet, können Kanten in die horizontale (lange) Diagonale der Grund-Rhomboederfläche fallen, wie aus dem Diagramme Fig. 37 (linke Seite) ersichtlich ist. Wenn wir nur gerade Kanten berücksichtigen, so lassen sich die Bedingungen, unter welchen die seitlichen vertieften Kanten von der Richtung der horizontalen Diagonale abweichen, durch folgende Beziehungen ausdrücken, vorausgesetzt, dass die Geschwindigkeit anfänglich eine variable, später aber eine constante sei. Bezeichnet man mit P die anfängliche Geschwindigkeit nach der Polseite, mit V aber die später constante Geschwindigkeit in dieser Richtung, ferner mit R die anfängliche, mit v die spätere constante Geschwindigkeit in der Richtung nach der stumpfen Seitenecke, so besteht im Allgemeinen die Beziehung: $P:V \gtreqless R:v$, welche sich graphisch dar-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

stellen lässt. Nur wenn $P:V=R:v$ ist, so fällt die seitliche vertiefte Kante in die Richtung der horizontalen Diagonale. Ist aber $P:V>R:v$, so werden die Enden der vertieften Kanten nach vorne abgelenkt; im entgegesetzten Falle, wenn $P:V<R:v$, werden sie dagegen nach hinten abgelenkt. In dem Diagramme Fig. 37 würden für die linke Seite die Grössen P und R durch 0—1 und 0—1 repräsentirt, V und v aber durch die Constanten 1—2 oder 2—3 etc. Für die rechte Seite des Diagramms ist $P=o'$—1 und $R=o'$—1′, während die Constanten V und v dieselben bleiben, wie im früheren Falle. Da voraussichtlich eine constant bleibende Geschwindigkeit des Fortschreitens der Lösung, insbesondere im Beginne derselben, in der Regel nicht vorhanden sein wird, so sind häufig vorkommende Anomalien der seitlichen vertieften Kanten begreiflich. Gebrochene Kanten finden ebenfalls ihre Erklärung, doch muss ausdrücklich bemerkt werden, dass nur solche nach hinten gebrochene Kanten aus den angedeuteten Principien erklärt werden können, deren Winkel stumpfer ist, als der hintere Winkel des Umrisses der Ätzfigur; spitzere Winkel können nur durch secundäres Auftreten neuer Ätzfiguren innerhalb der alten erklärt werden, weil die graphische Construction sonst auf Widersprüche führt. Die directe Beobachtung ergibt, dass in der That solche einspringende Ecken secundär auftreten. (Vergl. Fig. 51, Phosphorsäureätzung.)

Störungen der Constanz der Geschwindigkeit im Verlaufe der Entwicklung der Ätzfiguren können auch Krümmungen der Kanten zur Folge haben, wie solche häufig zu beobachten sind.

Schliesslich müssen wir noch der merkwürdigen Thatsache gedenken, dass bei einer und derselben Ätzung instantane und retardirte Ätzfiguren auftreten können. Auf der Spaltungsfläche ist dieser Fall im Ganzen zwar selten zu beobachten, doch kann er fast regelmässig mit 10% Ameisensäure hervorgerufen werden, indem mit dieser rasch grosse Dreiecke mit nach vorne gerichteter Spitze, daneben aber langsam, meist ganz klein bleibende Fünfecke mit nach hinten gerichteter Spitze entstehen (Fig. 15). Dies lässt sich wohl unbedenklich so deuten, dass auch in einer verdünnten Säure Stellen, beziehungsweise Molekülanhäufungen vorkommen können, welche einer bedeutend höheren Säurecon-

centration entsprechen, als es die mittlere ist. Wir werden später bei der ersten Prismenfläche von der merkwürdigen Thatsache zu sprechen haben, dass fast regelmässig innerhalb einer mehr instantanen Ätzfigur eine stark retardirte sich entwickelt.

Die Resultate der mitgetheilten Untersuchungen über die Ätzfiguren der Spaltungsfläche des Kalkspathes lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Mit einer und derselben Säure lassen sich durch Veränderung der Concentration und Temperatur sehr mannigfaltige Ätzfiguren erzeugen, welche unter sich mehr verschieden sind, als die Ätzfiguren, welche mit verschiedenen Säuren aber mit ähnlich wirkender Concentration dargestellt werden.

2. Die feineren Details in den Formen hängen mit der Natur der Säure zusammen; die Hauptformen sind aber wesentlich von der Geschwindigkeit abhängig, mit welcher sich die Ätzfiguren entwickeln.

3. Bezüglich der Geschwindigkeit der Entwicklung kann man instantane (rasch sich entwickelnde) und retardirte (langsam sich entwickelnde) Ätzfiguren unterscheiden. Der Grundtypus der ersteren ist ein Dreieck mit gebogenen Seiten und polwärts gewendeter Spitze; der Grundtypus der letzteren ein Rechteck, dessen Seiten den Diagonalen der Spaltungsfläche parallel sind.

4. Die Form der instantanen Ätzfiguren hängt wahrscheinlich in erster Linie von der chemischen Härtecurve ab; die Form der retardirten zeigt dagegen im Umrisse die Richtungen der Combinationskanten des Lösungs-Rhomboeders $-2\,R$. Instantane und retardirte Ätzfiguren sind durch eine Reihe von Übergangsformen verbunden.

X. Capitel.

Die Ätzfiguren der Basis, der Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ und $-2\,R$, der Prismen ∞R und $\infty P2$, sowie einiger anderer natürlicher Flächen des Kalkspathes.

Während die Untersuchung der Ätzfiguren des Grund-Rhomboëders verhältnissmässig geringe Schwierigkeiten macht, da man sich Spaltungsstücke von genügender Reinheit und bequemer

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Form leicht in beliebiger Menge verschaffen kann, sind andere Flächen oft nur mit Mühe in einem zur Untersuchung geeigneten Zustande zu erhalten. Die meisten natürlichen Krystallflächen sind nicht vollkommen eben und nimmt man zum Schleifen und Poliren seine Zuflucht, so bekommt man oft in Folge dieser Procedur störende Nebenwirkungen bei der Ätzung, welche in einer Lockerung der kleinsten Theilchen nach den Spaltungs-, Gleit- und Verschiebungsflächen begründet zu sein scheinen. In Folge dieser Umstände sind meine Beobachtungen über andere Ätzfiguren, als diejenigen der Spaltungsfläche verhältnissmässig wenig zahlreich und zum Theil nicht ganz befriedigend.

Vor allem schien es wichtig, die Basis in Bezug auf instantane und retardirte Ätzfiguren zu untersuchen, da sie die einzige Fläche ist, von deren chemischer Härtecurve man sich insoferne eine genauere Vorstellung machen kann, als die Richtungen der Hauptmaxima und -Minima auf Grund der Analogien mit mechanischen Härtecurven angegeben werden können. Analoge Fälle von mechanischen Härtecurven sind nämlich von Grailich und Pekárek[1] und jüngst von Pfaff[2] auf der Basis des Kalkspathes selbst; ferner von Exner auf der Octaëderfläche des Steinsalzes und des Flussspathes genauer untersucht, und ergeben alle ein in der Hauptsache übereinstimmendes Resultat.

Immer handelt es sich um drei gleich geneigte Spaltungsflächen, welche sich in der untersuchten Fläche unter Winkeln von 60° schneiden. Denkt man sich die betreffende Spaltungsgestalt krystallographisch richtig orientirt in die untersuchte Fläche hineingedrückt, so gäbe sie jedesmal eine Hohlform, deren Umriss ein gleichseitiges Dreieck ist. (Vergl. Fig. 61, a' b' d'.)

Die Härtecurve, die dieser Lage der Spaltungsflächen entspricht, hat nun stets — wenn wir die Differenzen der Beobachtungsresultate Exner's und Pfaff's zunächst vernachlässigen — drei Hauptmaxima und drei Hauptminima, von welchen je ein Maximum und ein Minimum in dieselbe Linie, aber in entgegengesetzte Richtung fallen. Das Hauptmaximum fällt in die Richtung vom Winkel zum Halbirungspunkte der gegenüber-

---

[1] Diese Ber. Bd. XIII.

[2] l. c.

liegenden Dreieckseite, das Hauptminimum in die entgegengesetzte Richtung.[1]

Die Härtecurve zeigt im Ganzen die Eigenschaft, dass in derselben Linie die Härte nach entgegengesetzter Richtung verschieden ist; nur in den drei Linien, welche den Dreieckseiten, beziehungsweise den Spaltungsflächen parallel sind, ist die Härte in beiden Richtungen dieselbe. Sehen wir von den untergeordneten Wendepunkten der Härtecurve ab, so entspricht dieselbe im Ganzen einem gleichseitigen Dreiecke mit eingebogenen Seiten, das aber verwendet liegt zu dem Dreiecke, welches den Abdruck der Spaltungsgestalt darstellt. Es liegt nun auf der Hand, dass dem Lösungs-Rhomboëder $-2\,R$ bezüglich der Basis ein derartiges Dreieck der chemischen Härtecurve entsprechen muss, wenn wir an der Analogie von Spaltungs- und Lösungsflächen festhalten. Wenn $+R, R, R$ (Fig. 61) die an das Grund-Rhomboeder angeschliffene Basis darstellt, so würde das Dreieck $a'b'd'$ mit dem Mittelpunkte c' dem vertieften Eindrucke eines negativen Rhomboeders entsprechen, die Figur efg aber eine diesem zugehörige Härtecurve darstellen.[2]

Nach Analogie der Betrachtungen über die Beziehungen des Umrisses der instantanen Ätzfiguren der Spaltungsfläche zur Härtecurve dürfen wir erwarten, dass die instantanen Ätzfiguren der Basis im Allgemeinen der chemischen Härtecurve entsprechen, wobei wieder die in der Richtung der kleinsten Maxima erfolgende Vertiefung der Figur und die Behinderung des Fortschreitens derselben umso merklicher sein wird, je rascher die Figur sich entwickelt. Die ausgesprochen instantane Ätzfigur wird annähernd dem Umrisse einer positiven, die ausgesprochen

---

[1] Exner nimmt sechs Maxima und sechs Minima an, wobei die hier im Texte angegebenen Minima als kleine Maxima angesehen werden, zu deren Seiten je zwei Minima fallen, wie sie in Fig. 61 durch punktirte Linien neben den Linien ca, cb, cd angedeutet sind. Exner gibt aber selbst zu, dass seine Beobachtungen auch die Annahme von drei Maxima und Minima, wie sie im Texte festgehalten ist, gestatten. Aus Pfaff's Untersuchungen ergaben sich drei Hauptmaxima und Minima, wie sie im im Texte angeführt sind, ausserdem aber noch je sechs untergeordnete Maxima und Minima. (Vergl. Fig. 61, *A*).

[2] Die Härtecurve ist derjenigen der Octaederfläche des Steinsalzes nach Exner nachgebildet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

retardirte Ätzfigur aber dem Umrisse einer negativen Rhomboëderecke entsprechen müssen. Zwischen diese beiden Extremen müssen sich voraussichtlich noch Zwischenformen finden. Die Beobachtungen stehen nun in guter Übereinstimmung mit diesen theoretischen Voraussetzungen, wie aus den Fig. 62—69 hervorgeht, welche sämmtlich so orientirt sind, wie die Fig. 61.

Mit starker Salz- und Salpetersäure erhielt bereits Haushofer stets positive Dreiecke, mitunter auch Sechsecke oder rundliche Figuren; Baumhauer scheint auch negative Dreiecke gesehen zu haben, welche der retardirten Figur entsprechen. Meine eigenen Beobachtungen sind an künstlich geschliffenen und polirten Flächen, welche theils an dem Spaltungs-Rhomboëder, theils an Prismen von Krystallen aus Andreasberg und Cumberland hergestellt wurden, angestellt.

Man muss sich hüten, mechanisch durch das Schleifen entstandene negative Dreiecke mit Ätzfiguren zu verwechseln. Dies wird indess nicht leicht vorkommen, wenn man überhaupt einmal auf diesen Punkt aufmerksam geworden ist.

Mit stärkerer Salz- und Salpetersäure erhielt ich stets positive Dreiecke, welche der instantanen Ätzfigur entsprechen, oder Sechsecke. (Fig. 62, 63, 66.) Noch mit 10% Salpetersäure erhält man meistens Sechsecke oder positive Dreiecke. Mit 5% Salpetersäure dagegen bekommt man nach längerer Wirkung (30—40 Secunden) rundliche Figuren, zum Theil aber deutliche negative Dreiecke (Fig. 65). Auch verdünnte (20%) Phosphorsäure erzeugt neben Sechsecken deutliche negative Dreiecke (Fig. 67, 68, 69). Ausgezeichnet deutliche, aber leider sehr kleine negative Dreiecke — neben Sechsecken — erhielt ich nach minutenlanger Einwirkung mit 10% Phosphorsäure. Ameisensäure erzeugt keine gut contourirten Ätzfiguren, sondern rundliche oder unregelmässige Figuren, welche mit den Rändern zusammenfliessen. Essigsäure gab manchmal deutliche dreieckige Ätzfiguren, welche aber trotz anscheinend nicht sehr rascher Entwicklung der instantanen, positiven Form entsprechen. Die Ätzfiguren der Basis sind immer sehr klein. Die Thatsache, dass man im Allgemeinen viel leichter die positiven Dreiecke der instantanen Ätzfigur erhält, als die negativen Dreiecke der retardirten, machte mich lange bezüglich der Lösungsflächen des

Kalkspathes irre, und es schien mir gerade desshalb die Annahme Haushofer's, dass den Ätzfiguren des Calcites positive Rhomboëder und Skalenoëder zu Grunde liegen, schwer widerlegbar zu sein.

Erst als es mir gelang auch negative Dreiecke herzustellen, glaubte ich — unter Berücksichtigung der Beziehungen der Ätzfiguren zu der chemischen Härtecurve — diese Zweifel fallen lassen zu dürfen. Die Häufigkeit von rundlichen oder fast genau kreisförmigen Ätzfiguren auf der Basis ist — wie ich glaube — ein sehr anschaulicher Beleg für die Abhängigkeit des Umrisses der Ätzfigur von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lösung nach verschiedenen Richtungen, welche sich eben mehr und mehr ausgleichen muss, ehe der Übergang von den instantanen zu den retardirten Ätzfiguren erfolgt. Ätzfiguren mit fast kreisförmigen Umrissen hat bereits Haushofer von der Basis des Calcites abgebildet.

Was den Boden der Ätzfiguren anbelangt, so sind auch hier wieder solche zu unterscheiden, deren Boden flach ist, und solche, deren vertiefte Kanten gegen einen tiefsten Punkt in der Mitte der Figur laufen. Die Sechsecke entsprechen in der Regel — der Lage nach — Skalenoëderecken; es kommen aber auch Sechsecke vor, welche der Combination eines positiven und eines negativen Rhomboëders entsprechen (Fig. 63). Dasselbe lässt sich bereits aus den Abbildungen Haushofer's entnehmen.

Wie Haushofer erhielt auch ich häufig auf der Basis asymmetrische Ätzfiguren, welche wohl unbedenklich als Folge ungenauen Schliffes zu betrachten sind.

Bezüglich der mannigfaltigen Rhomboëder des Kalkspathes musste sich das theoretische Interesse bei der Untersuchung der Ätzfiguren grössten Theils darauf beschränken, ob es gelingt, retardirte Ätzfiguren zu erzeugen, deren Umrisse dem Abdrucke des primären Lösungs-Rhomboëders ähnlich sind. Die Verwerthung von instantanen Ätzfiguren, deren Form voraussichtlich von der chemischen Härtecurve abhängt, ist vorläufig nicht möglich. Denn abgesehen von dem Spaltungs-Rhomboëder und dem Lösungs-Rhomboëder selbst, kann man sich von keiner einzigen Rhomboederfläche auch nur annähernd eine Vorstellung von der chemischen Härtecurve machen. Es handelt sich

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

immer um drei Lösungsflächen, welche in verschiedenen Richtungen einschneiden, und zwar zwei gleich geneigt und symmetrisch zur Klinodiagonale, die dritte mit anderer Neigung und parallel der horizontalen Diagonale. Abgesehen von einer künstlich angeschliffenen Fläche am Steinsalze, welche von Exner untersucht wurde und von der Prismenfläche des Kalkspathes, deren Härteverhältnisse Pfaff am genauesten ermittelte, sind hieher gehörige Fälle von mechanischen Härtecurven nicht bekannt. Diese geben aber keine hinreichenden Anhaltspunkte dafür, wie sich die Härtecurve etwa ändert, wenn man die Basis allmälig in die Stellung verschiedener Rhomboëderflächen bringt.

Auf dem Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ erhält man nur sehr schwer deutliche Ätzfiguren, wenn die Fläche — wie gewöhnlich — eine Streifung nach R zeigt. Es nützt in der Regel nichts, wenn man die Fläche polirt. Haushofer konnte auf $-\frac{1}{2}R$ keine deutlichen Ätzfiguren erhalten. Ich hatte schöne Krystalle von Přibram, welche eine kaum merkliche Streifung zeigten, an denen ich meistens vergeblich Ätzfiguren darzustellen versuchte. Dagegen gelang dies leichter an den ganz glatten Flächen einer Stufe von Bleiberg.[1] Mit Phosphorsäure (20% der conc. Säure) erhält man nach mässig langer Einwirkung Dreiecke, deren gegen die Seitenecke gewendete Winkel fast 90° beträgt, während die polwärts gewendete Seite des Dreieckes nur undeutlich sichtbar ist. Diese Dreiecke sind sehr ähnlich der projicirten Ecke des Lösungs-Rhomboëders. (Vergl. Fig. 71 *a* und Fig. 70.) Bei lange dauernder Ätzung wird der gegen die Seitenecke gewendete Winkel häufig abgestumpft oder es entsteht ein fast rechteckiger Ansatz an der Spitze, während die nach vorne gewendete Fläche sich polwärts niemals scharf abgrenzt, da sie offenbar sehr wenig geneigt ist (Fig. 71, *b* und *c*).

Mit Ameisensäure konnte ich nur unregelmässige Gruben, aber keine deutlichen Ätzfiguren erzielen. Mit Salzsäure (40%) entstehen lange schmale Deltoide, deren stumpfer Winkel polwärts gewendet ist (Fig. 72). Im Ganzen sind die Ätzfiguren schwer zu erhalten; sie fliessen leicht zusammen und bleiben meistens sehr klein.

---

[1] D. pag. 83 d. I. Abhandlung.

Das Rhomboëder $-2\,R$ ist als Lösungs-Rhomboëder von besonderem Interesse. Ätzfiguren sind auf demselben auffallend leicht darzustellen.[1] Die Ätzfiguren, welche man mit Essigsäure und Ameisensäure erhält, und welche oft sehr gross werden, zeigen einen rhombischen oder deltoidischen Umriss, und zwar im ersteren Falle so, dass derselbe der Fläche des Lösungs-Rhomboeders ähnlich ist. (Vergl. Fig. 74, 75 und 79 mit Fig. 73.) Die Winkel sind aber keineswegs constant und können beträchtlich stumpfer oder spitzer als 76°8′ werden. In der Regel sind diese (retardirten) Ätzfiguren vorn tiefer als hinten. Der Boden ist selten flach, sondern zeigt fast immer eine der langen Diagonale entsprechende Kante; seltener finden sich solche auch in der kurzen Diagonale.

Mit verdünnter Ameisensäure (30—50%) werden die Ätzfiguren meistens deltoidisch mit hinterem stumpferem und dabei tiefer eingreifendem Winkel (Fig. 76); es kommen aber auch Rhomben (Fig. 77) und umgekehrt liegende Deltoide, letztere nicht selten mit einer Abstumpfung der vorderen Ecke vor (Fig. 78).

Ähnliche Bilder erhält man auch mit concentrirter Phosphorsäure (Fig. 84), daneben aber auch noch — als etwas Neues — da und dort eine Abstumpfung des hinteren Deltoidwinkels. Seltener erhält man Dreiecke mit abgerundeten Seiten und vorderer Spitze.

Verdünnte Phosphorsäure (10—20%) gibt im Beginne der Wirkung meistens Rhomben, deren Winkel aber nicht mit den Winkeln der Fläche von $-2\,R$ übereinstimmen, sondern sich fast einem Quadrate nähern oder selbst Rhomben, welche stumpfe Winkel nach vorn und hinten kehren (Fig. 85 und 86). Bei längerer Einwirkung erhält man meistens Deltoide mit vorderem spitzen und hinterem stumpfen Winkel. Der Boden der Ätzfiguren mit Phosphorsäure zeigt gewöhnlich vier Kanten, bisweilen ausserdem eine Fläche, welche der geätzten Fläche parallel ist.

---

[1] Ich benützte zu den Versuchen Krystalle der Stufe *C* von Bleiberg, welche horizontal — parallel der Basis — gestreift waren. Ich muss es dahingestellt sein lassen, wie weit diese Streifung auf gewisse Formen von Ätzfiguren, wie sie in Fig. 78 und 84 abgebildet sind, von Einfluss war.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Concentrirte Salpetersäure gibt quer verlängerte Rhomben mit stark abgerundeten Winkeln, welche sich in ihrer Form häufig einer quer liegenden Ellipse nähern, doch so, dass polwärts noch die Andeutung einer Spitze bleibt. Gewöhnlich sind diese Ätzfiguren aus mehreren concentrischen Absätzen gebildet und in der Mitte findet sich eine kleine, besonders starke Eintiefung von deutlich deltoidischer Form (Fig. 80).

20% Salpetersäure gibt Dreiecke mit vorderer Spitze und hinterer, stark abgerundeter Seite und mit drei Kanten am Boden (Fig. 81). 10% Salpetersäure gibt Rhomben, ähnlich wie verdünnte Ameisensäure (Fig. 82).

40% Salzsäure (Fig. 83) gibt Dreiecke, ähnlich wie 20% Salpetersäure.

Starke Chromsäure gibt anfänglich Rhomben und Deltoide (Fig. 87), später eigenthümliche Deltoide mit vorderem spitzem, tief eingegrabenem Winkel (Fig. 88).

Was nun die Beziehungen der chemischen Härtecurve zu diesen Ätzfiguren anbelangt, so ist über die Lage der Maxima und Minima nur wenig zu ermitteln möglich. Es liegen von vergleichbaren Härteuntersuchungen nur Beobachtungen über die Härtecurve der Spaltungsfläche des Kalkspathes vor, von welchen ohne Zweifel diejenigen von Pfaff bei weitem die genauesten sind. Die Einzelheiten der Härtecurve lassen sich aber nicht ohne Weiteres verwerthen, da es sich in dem hier in Frage stehenden Falle um ein spitzes, beim Spaltungsrhomboëder aber um ein stumpfes Rhomboëder handelt. Aus den Untersuchungen von Pfaff geht hervor, dass — wie früher schon Franz, ferner Grailich und Pekárek angegeben hatten — auf der Spaltungsfläche das kleinste Minimum der Härte in die kurze Diagonale in die Richtung nach aufwärts, von der Seitenecke zum Pole fällt. Bei einem spitzen Rhomboëder müsste sich dies wohl umgekehrt verhalten, und es ist wahrscheinlich, dass das kleinste Minimum der chemischen Härtecurve des Lösungsrhomboëders $-2R$ in die Klinodiagonale nach abwärts, vom Pol zur Seitenecke fällt. Über weitere Eigenschaften der chemischen Härtecurve lässt sich wohl nichts Plausibles sagen.

Die ausgesprochen instantanen Ätzfiguren mit Salpeter- und Salzsäure (Fig. 81 und 83) etc. weisen auf die Anwesenheit des

kleinsten Minimums in der erschlossenen Richtung durch analoge Erscheinungen, wie wir sie auf der Spaltungsfläche gefunden haben. (Dreiecke und Deltoide mit vorderer Spitze und hinterer Abrundung.) Dass mit zunehmender Retardirung der Ätzfigur auch hier — analog, wie auf der Spaltungsfläche — gerade in die Richtung des kleinsten Minimums die stärkste Verlängerung der Figur fallen kann, ergeben die Figuren mit verdünnter Salpetersäure (Fig. 82) und mit concentrirter Ameisensäure (Fig. 74 *a*). Dass die ausgesprochen retardirten Ätzfiguren den Umriss der Fläche des Lösungsrhomboeders manchmal fast genau, fast immer aber annähernd wiedergeben, ist jedenfalls eine sehr auffällige und wichtige Thatsache. Die Thatsache, dass niemals — auch an denjenigen Ätzfiguren, welche den Umriss der Lösungsgestalt wiedergeben — hinten überhängende Flächen sich ausbilden, bedarf nach den bereits bei den Ätzfiguren der Spaltungsfläche gemachten Bemerkungen wohl keiner besonderen Besprechung.

Die Ätzfiguren auf den Flächen des ersten Prismas sind sehr eigenthümlich und besonders geeignet, den Unterschied zwischen instantanen und retardirten Ätzfiguren zu illustriren. Leider lässt sich a priori über die muthmassliche chemische Härtecurve nichts Begründetes aussagen.

Ätzt man kurze Zeit mit wenig verdünnter Salz- und Salpetersäure, so erhält man dreieckige Gruben, deren Spitzen gegen die Combinationskanten von *R*, nach vorn gerichtet sind. Das Dreieck zeigt anfänglich einen sehr spitzen Winkel nach vorn, der sich aber bald erweitert, während die nach hinten gerichtete Fläche sehr wenig scharf abgegrenzt ist (Fig. 92 *a*). Ätzt man mehrere Secunden, so sieht man die Spitze des Dreieckes sich vertiefen und nun innerhalb derselben ein neues, stark eingetieftes Dreieck auftreten, das seine Basis nach vorn, seine Spitze aber nach hinten kehrt (Fig. 92 *b*). Man kann sich mit Leichtigkeit davon überzeugen, dass dieses letztere Dreieck stets nach dem ersten, ziemlich langsam entsteht, während das erste Dreieck schon bei momentaner Ätzung auftritt. Das erste Dreieck ist also der Entwicklung nach eine instantane, das zweite nach demselben Kriterium und vermöge seiner annähernden Ähnlichkeit des Umrisses mit der projicirten Hohlecke der Lösungs-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gestalt (vergl. Fig 89), eine retardirte Ätzfigur. Haushofer scheint nur die stark vertiefte, retardirte Ätzfigur bemerkt zu haben, welche stets viel mehr in die Augen springt, als die weit seichtere und bei längerem Ätzen häufig wieder ganz verschwindende instantane Form. In der Abbildung Haushofer's ist nur die der Symmetrielinie entsprechende vertiefte Kante der instantanen Figur zu sehen. (Etwa so wie hier in Fig. 96.)

Was nun die Ausbildung der retardirten Ätzfigur anbelangt, so entspricht ihr Umriss in der Regel nicht genau dem Umriss der eingedrückten Ecke des Lösungsrhomboëders, was wohl zum Theil davon abhängt, dass diese Figur nicht direct auf der ganz intacten Fläche, sondern stets secundär an der Spitze einer bereits vorhandenen instantanen Figur sich ausbildet.

Manchmal ist die unpaare Dreiecksfläche durch eine Kante halbirt.

Wie auf anderen Flächen, so erhält man auch auf der Protoprismafläche mit verschiedenen Säuren und Säureconcentrationen Variationen der Ätzfiguren.

Mit concentrirter Ameisensäure erhält man zuerst ein langgezogenes, flaches Dreieck mit hinterer Spitze (Fig. 90 *a*), welches jedoch bei weiterem Ätzen undeutlich wird, während sich in demselben vorne eine retardirte, stark vertiefte Ätzfigur ausbildet, welche oft sehr genau nicht nur im Umrisse, sondern auch in der Richtung der vertieften Kanten mit dem Lösungsrohmboëder übereinstimmt (Fig. 90 *b*). Bei lange fortgesetztem Ätzen stellen sich aber oft noch weitere Veränderungen der retardirten Figur ein, wodurch dieselbe wieder der Lösungsgestalt unähnlich wird (Fig. 90 *c*).

Mit Essigsäure konnte ich keine retardirten, sondern nur instantane Dreiecke erhalten, mit nach vorn gerichteter Spitze (Fig. 91). Mit concentrirter Phosphorsäure vermisst man in der Regel bald die Spuren der instantanen Figuren und die retardirten Formen nehmen Trapezform an mit stark gebogenen seitlichen und hinteren Umrisslinien (Fig. 95).

Mit verdünnter (20 %) Phosphorsäure werden jedoch die Figuren jenen, wie man sie mit anderen Säuren erhält, mehr ähnlich (Fig. 96).

Auch mit stärkerer Salpeter- und Salzsäure erhält man mitunter stark veränderte secundäre Ätzfiguren (Fig. 94 mit 40% Salzsäure).

Mit concentrirter Chromsäure erhält die instantane Figur häufig einen fast elliptischen Umriss, dessen längere Axe der Prismenkante parallel ist; doch sind fast immer drei Kanten in der vertieften Figur, wie man sie mit anderen Säuren erhält (Fig. 97). Die retardirte Figur zeigt nichts besonders Auffälliges.

Es muss noch erwähnt werden, dass man mit Salz- und Salpetersäure, ausser den Ätzfiguren sehr häufig zahlreiche, horizontale, der Basis parallele, kurze Striche und Kanten auftreten sieht; mit Essigsäure aber meistens eine sehr verworrene Zeichnung. Ich bin geneigt, diese Erscheinungen auf das Auftreten von sehr kleinen secundären Lösungsgestalten zu beziehen, ähnlich wie sie früher als Folge der Ameisensäureätzung beschrieben wurden; doch ist dies nicht sicher, da ich deutliche primäre Lösungsgestalten mit diesen Säuren nicht gesehen habe.

Der auffallende Umstand, dass auf der Protoprismafläche sehr leicht mit den verschiedensten Säuren instantane und retardirte Ätzfiguren auftreten, hängt vielleicht mit der von Lavizzari[1] entdeckten Thatsache zusammen, dass dieselbe besonders leicht löslich ist. Die Prismenfläche entwickelt nach Lavizzari unter gleichen Umständen mit concentrirter Salpetersäure sieben mal mehr Kohlensäure als die Basis. Die mechanische Härte verhält sich umgekehrt, wie die Löslichkeit. Die Basis ist bedeutend weniger hart, als die Prismenfläche, wie die nach ganz verschiedenen Methoden ausgeführten Untersuchungen von Lavizzari, Grailich und Pekárek und Pfaff übereinstimmend ergeben. Der Zusammenhang der mittleren Härte verschiedener Krystallflächen mit der Spaltbarkeit ist noch ganz unklar; ebenso wenig ist die Abhängigkeit der mittleren chemischen Härte oder Löslichkeit einer Krystallfläche von den Lösungsflächen aufgedeckt; doch darf man wohl vermuthen, dass die Löslichkeit — wie später noch ausgeführt werden soll — nicht bloss von Richtung und Neigung der einschneidenden Lösungsflächen, sondern auch

[1] Nouveaux phénomènes des corps cristallisés. Lugano 1865.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

von den Richtungen abhänge, welche innerhalb der einzelnen Lösungsflächen für die Bewegungen der Säuremoleküle vorzugsweise in Betracht kommen.

Von grossem Interesse für die Theorie der Ätzfiguren ist die Deuteroprismenfläche, da man sich auf Grund der analogen Fälle von mechanischen Härtecurven, welche von Exner untersucht sind, eine begründete Vorstellung von der Lage der Minima der chemischen Härtecurve machen kann. Es handelt sich nämlich um zwei mit parallelen Combinationskanten einschneidende, symmetrisch geneigte Lösungsflächen und eine dritte senkrecht einschneidende, welche die Combinatonskante der beiden anderen unter einem Winkel von circa 72° kreuzt. Dieser Fall lässt sich nach Exner auf den einfacheren reduciren, in welchem zwei unter dem Winkel von circa 72° sich kreuzende Flächen senkrecht einschneiden. Es sind alsdann vier Minima in den Spaltungsrichtungen, von welchen je zwei und zwei, in eine Linie in entgegengesetzter Richtung fallende einander gleich; die in verschiedene Linien fallenden aber ungleich sind. Die Härtecurve hat überhaupt die Eigenschaft, dass kein Unterschied der Härte im positiven und negativen Sinne einer und derselben Linie vorhanden ist, was schon vermöge der hemirhombischen Symmetrie der Deuteroprismenfläche der Fall sein muss.[1]

Über die Maxima lässt sich mit Wahrscheinlichkeit aussagen, dass deren vier vorhanden sein werden, welche in die Winkel zwischen die Minima fallen, dieselben jedoch nicht halbiren. Die Lage der Maxima hängt voraussichtlich von dem Verhältnisse der Minima ab und wird sich ändern, falls dieses Verhältniss, je nach Natur und Concentration der Säure, ein anderes wird. Es ist daher auch zu erwarten, dass unter dem Einflusse solcher Änderungen der Lage der Maxima die Contouren instantaner Ätzfiguren sich gewissermassen drehen können.

---

[1] Grailich und Pekárek (l. c.) geben die mechanische Härte der Deuteroprismenfläche des Kalkspathes in der Richtung der Combinationskante des Spaltungsrhomboëders verschieden an, je nachdem die Bewegung von der stumpfen zur spitzen Ecke geschieht oder umgekehrt. Die einzelnen Beobachtungen zeigen aber so grosse Schwankungen, dass dieses den Symmetriegesetzen widersprechende Resultat nur auf unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zu beruhen scheint.

Während natürliche, glatte Protoprismenflächen ziemlich leicht zu beschaffen sind, ist dies bei den Deuteroprismenflächen leider nicht der Fall. Wenigstens waren diejenigen, welche mir zu Gebote standen, im günstigsten Falle nur auf ganz kurze Strecken fehlerfrei; in der Regel aber mehr weniger nach R gestreift und ausserdem mit unregelmässigen Gruben bedekt. Dass mit künstlichen Flächen nicht viel zu machen ist, wurde bereits in der ersten Abhandlung erwähnt. Die Ätzfiguren treten auf der Deuteroprismenfläche meist sehr leicht auf. Ausgesprochen retardirte Formen treten, analog, wie beim Protoprisma immer innerhalb instantaner Figuren, also auf bereits veränderter Fläche auf und darin liegt wohl zum Theil der Grund, dass man fast niemals Ätzfiguren findet, welche genau den Umriss der projicirten Lösungsgestalt wiedergeben. Die Ätzfiguren bleiben meistens sehr klein und treten bei längerer Ätzung fast immer so dicht gedrängt auf, dass ihre Formen schwer erkannt werden können. Unter solchen Umständen waren die vielen Unebenheiten der natürlichen Flächen doppelt störend und die erhaltenen Resultate nur wenig befriedigend. Es gelang nur selten vollkommen hemirhombisch symmetrische Figuren zu erhalten.

Die Ätzfiguren haben im Allgemeinem einen rhomboidischen Umriss und sind meistens im Sinne der Mittelkanten eines negativen Rhomboëders, mit ihrem längeren Durchmessers geneigt. In der Regel entsprechen zwei Seiten ziemlich genau der Richtung der Mittelkanten des Lösungsrohmboëders (vergl. Fig. 98 und Fig. 99 — 111); die beiden anderen Seiten sind aber selten der Richtung der vertical einschneidenden Fläche entsprechend.

Mit concentrirter Ameisensäure erhält man auf der Deuteroprismenfläche zwei Typen von Ätzfiguren. Beide stellen im Umrisse im allgemeinem Rhomboide dar, deren längere Seiten den Mittelkanten des Lösungsrhomboëders annähernd oder genau parallel sind. Bei dem einen Typus ist aber die vordere und hintere Seite fast horizontal gerichtet (Fig. 99, 101), bei dem anderen dagegen mehr der Richtung der senkrecht einschneidenden Lösungsfläche oder selbst der verticalen Richtung der Prismenkante sich nähernd (Fig. 100, 102). Als eine Mittelform, welche gewissermassen beide Typen vereint, treten Sechs-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ecke auf (Fig. 101 *a*). Die meisten Ätzfiguren haben eine oder zwei Kanten am Boden, welche der Mittelkante von — 2 *R* nahezu parallel sind, manchmal auch Kanten, deren Richtungen annähernd den Diagonalen der projicirten Rhombenflächen des Lösungsrhomboëders, wie sie in Fig. 98 punktirt angedeutet sind, entsprechen (Fig. 100). Es treten aber auch noch andere, oft unregelmässig verlaufende Kanten auf.

Die mit concentrirter Ameisensäure entstehenden Ätzfiguren können weder als exquisit retardirte noch als instantane bezeichnet werden. Nach 5 bis 8 Sekunden sieht man noch kaum Andeutungen von Ätzfiguren, nach 15 bis 20 Sekunden haben sie aber meistens schon ihre definitive, leider sehr geringe Grösse und man erhält auch nach minutenlanger Wirkung keine grösseren Figuren. Die Figuren des ersten Typus sind meistens weniger tief, als die des zweiten. Die beiden Typen von Ätzfiguren treten fast immer nebeneinander auf und es ist mir nicht klar geworden, womit die Verschiedenheit der Form zusammenhängt. Vielleicht ist die ursprüngliche Beschaffenheit der Fläche von Einfluss. Im Allgemeinen scheint der erste Typus — mit fast horizontaler vorderer Linie — etwas rascher aufzutreten als der zweite Typus. Neben den Ätzfiguren erhält man mit concentrirter Ameisensäure bei längerer Wirkung fast immer eine deutliche Steifung, welche der Mittelkante — 2 *R* entspricht und zum Theile sicher von sehr kleinen Lösungsgestalten herrührt.

Mit verdünnter Ameisensäure (50%) erhielt ich auf einer künstlich an ein Spaltungsrhomboëder angeschliffenen Fläche Figuren, deren Umriss zum Theil sehr dem Umrisse des Lösungsrhomboëders sich näherten (Fig. 103. *a*).

Sehr eigenthümlich sind die Ätzfiguren, welche man mit Essigsäure ziemlich rasch erhält, deren Form jedoch meistens nicht gut erkannt werden kann, weil sie dicht gedrängt auftreten. Es sind Rhomboide mit abgerundeten Seiten mit einer Kante am Boden, welche eine Neigung von circa 63° im Sinne der Mittelkanten eines negativen Rhomboëders zur Prismenkante zeigen (Fig. 104). Mit Salpetersäure erhält man Formen, welche jenen, die man mit Ameisensäure erhält, ähnlich sind (Fig. 105, 106 *a*) manchmal aber mit sehr concentrirter Säure auch stark

gekrümmte und aufrecht gestellte Figuren, die zum Theil an den Umriss einer Pleurosigmaschale erinnern (Fig. 106 *b*).

Salzsäure und Chromsäure geben ebenfalls Figuren, welche im Umrisse die Richtungen der Mittelkanten des Lösungsrhomboëders erkennen lassen (Fig. 107, Salzsäure; 111, Chromsäure). Phosphorsäure erzeugt manchmal Figuren, welche den mit Ameisensäure dargestellten sehr ähnlich sehen (Fig. 108, 110). Auch an diesen Figuren sind bisweilen vertiefte Kanten zu sehen, welche den Diagonalen der Flächen des Lösungsrhomboëders ziemlich genau entsprechen (109 *a*, *b* etc.). Sehr auffällig ist mit Phosphorsäure das secundäre Auftreten stark vertiefter, retardirter Ätzfiguren innerhalb der primär, ziemlich rasch sich bildenden Formen. Diese secundären retardirten Figuren haben oft sehr complicirte Formen, an welchen eine Beziehung zu den Lösungsflächen meistens nicht herauszufinden ist (Fig. 109, *c*, *d*, *e*). Es ist dabei nicht zu vergessen, dass diese Figuren ähnlich, wie diejenigen des Protoprismas innerhalb bereits stark veränderter Flächen sich entwickeln. Secundäre retardirte Figuren kommen gelegentlich auch mit Salzsäure, Salpetersäure und Chromsäure zur Beobachtung.

Ich wage es nicht, bestimmte Schlüsse über den Zusammenhang zwischen der muthmasslichen chemischen Härtecurve und der Form der Ätzfiguren der Deuteroprismenfläche zu ziehen, da die Figuren meist klein und schlecht ausgebildet sind und ein so bestimmter Gegensatz von instantanen und retardirten Figuren wie auf der Spaltungsfläche nicht nachweisbar ist. Doch möchte ich Folgendes hervorheben. Die Figuren mit Ameisensäure, welche offenbar mehr nach dem retardirten Typus hinneigen, sind meistens in der Richtung der Mittelkanten des Lösungsrhomboëders verlängert. Da auf der Spaltungsfläche und der Basis mit zunehmender Retardirung der Entwicklung eine Verlängerung der Figuren in der Richtung des, theoretisch erschlossenen, kleinsten chemischen Härteminimums auftritt, so ist es nach dieser Analogie wahrscheinlich, dass die kleinsten chemischen Härteminima der Deuteroprismenfläche in der Mittelkante des Lösungsrhomboëders liegen. Umgekehrt spricht die Thatsache, dass gerade in dieser Richtung die mit starker Salpeter-, Salz-, Chromsäure erzeugten Figuren sich mitunter deutlich verkürzen (Fig. 106 *b* etc.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ebenfalls für die Lage der kleinsten Minima in dieser Richtung, da wir ja auch auf der Spaltungsfläche Verkürzungen der Ätzfiguren in der Richtung des theoretisch kleinsten Minimums bei Anwendung dieser Säuren constatiren konnten. Doch kommen auch mit Ameisensäure ab und zu Ätzfiguren zur Beobachtung, welche gerade in der Richtung der Mittelkante des Lösungsrhomboëders verkürzt erscheinen (Fig. 102).

Ich schliesse hier noch einige Bemerkungen über Ätzfiguren höherer Rhomboëder und des Skalenoëders $R3$ an, über welche ich nur gelegentliche Beobachtungen machte. Von höheren negativen Rhomboëdern untersuchte ich $-\frac{7}{2}R$ (Stufe M) und $-4R$. Auf beiden erhielt ich leicht Atzfiguren, welche zum Theil ziemlich genau — was Umriss und Kanten anbelangt — der eingedrückten Ecke des Lösungsrhomboëders entsprachen.

Fig. 112 *a* stellt die Projection der Ecke des Lösungsrhomboëders auf die Fläche $-4R$ dar, Fig 112 *b* Ätzfiguren, welche mit Ameisensäure nach längerer Einwirkung auf einer Fläche $-4R$ (Stufe D) erhalten wurden. Man sieht, dass diese retardirten Ätzfiguren — abgesehen von der Theilung der hinteren Fläche durch eine seichte Kante, — der darüber stehenden Figur ziemlich ähnlich sind. Dasselbe ist der Fall mit den Figuren 114 *b*, welche ebenfalls mit concentrirter Ameisensäure erhalten wurden. Bisweilen wurden die Figuren mit Ameisensäure aber deltoidisch (Fig 113, 114, *a*). Mit 20% Phosphorsäure erhielt ich spitze, seichte Dreiecke, innerhalb welcher aber zum Theil stumpfere, stark vertiefte, die dem Umrisse der Lösungsgestalt sich mehr näherten, secundär sich ausbildeten (Fig. 115). Analoge Erfahrungen machte ich mit dem Rhomboëder $-\frac{7}{2}R$ (Stufe M). Im Gegensatze zu den höheren negativen Rhomboëdern erhielt ich auf den positiven Rhomboëdern nur sehr schwer Ätzfiguren. Auf $+\frac{5}{2}R$ und $+4R$, welche mir übrigens nur in kleinen überdies nicht ganz glatten Combinationsflächen zu Gebote standen (Stufe L, O) erhielt ich mit Ameisensäure keine Ätzfiguren, sondern nur Lösungsgestalten. Mit stärkeren Mineralsäuren (Salz- und Salpetersäure) erhielt ich wohl dreieckige oder deltoidische Ätzfiguren, welche aber die Spitze stets polwärts kehrten, also invers zum Umriss des Lösungsrhomboëders lagen. Erst auf dem

hohen Rhomboëder $13R$ (Stufe M) erhielt ich directe Dreiecke innerhalb instantan auftretender Figuren, welche sich vor den Ätzfiguren des Protoprismas dadurch unterschieden, dass sowohl das seichte, als das tiefe Dreieck die Spitze nach derselben Seite kehrten.

Auf dem Skalenoëder $R3$ entstehen nur sehr schwer Ätzfiguren, welche ausserdem meistens sehr klein blieben. Mit concentrirter Ameisensäure gelang es nicht, auf den Flächen der Stufe L Dreiecke vom Umriss der Lösungsgestalt zu erhalten. Es entstanden vielmehr bogig begrenzte Figuren (Fig 118 *b*), welche mit der projicirten Ecke von $-2R$ (Fig. 118, *a*) keine Ähnlichkeit hatten. Dagegen gelang es mit verdünnter Salpetersäure auf den Skalenoëderflächen der Stufe N kleine Ätzfiguren zu erzeugen, deren Umriss der Ecke des Lösungsrhomboëders ziemlich gut entsprach. (Fig. 117 *a*, Ecke des Lösungsrhomboëders; *b* Ätzfiguren).

Die Hauptresultate der in diesem Capitel niedergelegten Untersuchungen kann man wohl in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Stark retardirte Ätzfiguren nähern sich in ihrem Umrisse stets dem Umrisse der projicirten, vertieften Lösungsgestalt; doch fehlt häufig die völlige geometrische Ähnlichkeit. Dies hängt wahrscheinlich davon ab, dass retardirte Ätzfiguren in den späteren Stadium ihrer Entwicklung stets in den Richtungen der kleinsten chemischen Härteminima (grössten Löslichkeit) sich vorwiegend verlängern.

Bei instantanen Ätzfiguren erfolgt umgekehrt eine relative Verkürzung des Umrisses in den Richtungen der wahrscheinlichen kleinsten Minima.

XI. Capitel.

III. Die Lösungsflächen des Aragonites.

Die Untersuchungen über die Lösungsflächen des Aragonites, über welche in diesem Capitel berichtet werden soll, haben zu keinem ganz befriedigenden Resultate geführt. Der Grund liegt zum guten Theile in den Schwierigkeiten des Gegenstandes, zum Theile aber auch in dem Mangel an geeignetem Untersuchungsmaterial und in dem verhältnissmässig geringen Aufwande an

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zeit, welchen ich dem Studium des Aragonites widmen konnte, wenn ich den Abschluss dieser Arbeit nicht ins Unbestimmte hinausschieben wollte. Das Material, welches mir zur Untersuchung diente, bestand aus grösseren Krystallen von Horschenz, ferner aus Stufen von Herrengrund und vom Banat.

Alle Krystalle erschwerten durch ihre meist verwickelten Zwillingsbildungen die Untersuchung bedeutend; insbesondere waren die natürlichen Flächen des Brachydomas $\breve{P}\infty$, welche anscheinend glatt an den spiessigen Krystallen des Banates vorlagen, wegen ungemein zahlreicher Zwillingslamellen zur Untersuchung meistens wenig geeignet, was, wie später ersichtlich werden wird, sehr unerwünscht war.

Abweichend von dem Gange, welchen ich beim Kalkspathe einschlug, scheint es mir beim Aragonite für die Darstellung der Resultate zweckmässig, von den Ätzfiguren auszugehen. Die Untersuchungen am Kalkspathe haben ergeben, dass sehr langsam entstehende (retardirte Ätzfiguren) im Allgemeinen in ihrem Umrisse einige Ähnlichkeit haben mit dem Umrisse der einschneidenden Lösungsgestalt. Doch zeigte sich, dass eine völlige geometrische Ähnlichkeit des Umrisses mit dem Umrisse der projicirten Lösungsgestalt auch bei retardirten Ätzfiguren nur im Beginne der Entwicklung vorhanden ist, dass aber bei länger dauernder Entwicklung schliesslich eine solche Ähnlichkeit des Umrisses namentlich dann nicht besteht, wenn sich retardirte Figuren secundär innerhalb anderer primär auftretender Figuren entwickeln (z. B. Proto- und Deuteroprisma des Kalkspathes). Aber auch bei primär auftretenden retardirten Figuren stimmen häufig die Winkel keineswegs genau (z. B. $-2R$ des Kalkspathes) und es kann daher nur ein sehr vorsichtiger, gleichsam nur orientirender Schluss aus den Ätzfiguren auf die Lösungsflächen gemacht werden.

Zu den Ätzungen des Aragonites wurde vorzüglich Ameisensäure verwendet. Der Aragonit wird von Säuren bedeutend weniger rasch angegriffen als der Kalkspath.

Bringt man einen Tropfen concentrirter Ameisensäure auf die Fläche des Brachypinakoides $\infty\breve{P}\infty$, so muss man fast eine Minute warten, bis man deutlich wahrnehmbare, unregelmässige oder rechteckige kleine Flecken auftreten sieht. Erst nach Ver-

lauf mehrerer Minuten sieht man dann wohl ausgebildete Ätzfiguren von rechteckigem Umrisse, deren Seiten einerseits den Prismenkanten, andererseits der Combinationskante der Basis parallel sind (Fig. 122). Der Boden der Figur zeigt mannigfache Variationen; im einfachsten Falle laufen vier Kanten von den Ecken gegen die Mitte des Bodens, so dass die ganze Ätzfigur einem Briefcouvert ähnlich ist. Die Ätzfigur ist eine ausgesprochen retardirte; wir können daher mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass ihre Umrisslinien den Combinationskanten der Lösungsflächen entsprechen. Es ist dann vor Allem ausgeschlossen, dass etwa eine Pyramide Lösungsgestalt sei; es sind vielmehr vermöge dieser Umrissfigur nur Prismen und Brachydomenflächen oder Makropinakoid und Basis oder endlich alle diese Flächen mögliche Lösungsflächen. Nun wird man sich zunächst wohl den denkbar einfachsten Fall zur Prüfung vorlegen, nämlich nur so viele Lösungsflächen anzunehmen, als zur Erklärung der Figur nothwendig sind. Am einfachsten genügt der Figur die Annahme, dass ein verticales Prisma und ein Brachydoma Lösungsflächen seien. Die Neigung der gegen die Mitte der Figur abfallenden Flächen — die übrigens nicht bestimmt wurde — könnte aus früher auseinander gesetzten Gründen keinesfalls zur directen Bestimmung des Prismas und des Domas führen; ja die Beschaffenheit der Figur lässt sogar, wie ich glaube, an sich die Möglichkeit offen, dass Basis und Makropinakoid—also vertical einschneidende Flächen—Lösungsflächen seien. Die ausgesprochen retardirten Ätzfiguren des Brachypinakoides scheinen auch mit anderen Säuren sehr ähnlich auszufallen; Leydolt[1] erhielt mit verdünnter Essig- und Salzsäure Figuren, deren Umriss ebenfalls rechteckig ist. Es ist a priori wahrscheinlich, dass ein Complex von symmetrisch geneigten Lösungsflächen, deren Durchschnittslinien mit der geätzten Fläche eine rechtwinkelige Kreuzung ergeben, eine retardirte Ätzfigur mit einem den Lösungsflächen genau entsprechenden Umrisse hervorrufen werden. Dies gilt jedoch nur für extrem retardirte Figuren, bei welchen sich der Einfluss der kleinsten Minima der chemischen Härtecurve nicht bemerkbar macht.

---

[1] Diese Ber. Bd. XIX. Jahrg. 1856, p. 10.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wenden wir uns nun zu den Ätzfiguren anderer Flächen, so finden wir auf der Basis $0P$ nach längerer Ätzung mit concentrirter Ameisensäure in der Richtung der Brachydiagonale stark verlängerte Sechsecke (Fig. 123 *a* und *b*). Diese Ätzfiguren schliessen zunächst mit Bestimmtheit aus, dass Basis und Makropinakoid allein Lösungsflächen seien, denn in diesem Falle müsste wohl die Ätzfigur der Basis eine langgezogene Spalte in der Richtung der Makrodiagonale (*bb'*, Fig. 120) darstellen. Wären aber die Basis und beide Pinakoide Lösungsflächen, so müsste man eine ganz analoge Ätzfigur, wie auf dem Brachypinakoid erwarten. Dagegen lässt sich die in den Winkeln variirende Form der Ätzfigur aus der Annahme erklären, dass Prisma und Brachydoma Lösungsflächen seien. Wäre ein Prisma allein Lösungsfläche, so müsste die Ätzfigur einen rhombischen Umriss haben (Fig. 123, *A*). Kommt aber noch ein Brachydoma hinzu, so würden dessen Flächen in der Linie *aa'* (Fig. 123, *A*) einschneiden. Dadurch muss in diese Richtung die grösste Löslichkeit, respective das Minimum der chemischen Härte fallen.

Es macht nun keine Schwierigkeit, sich vorzustellen, dass die Ätzfigur, in Folge des Vorhandenseins zweier gleicher, exquisiter chemischer Härteminima im positiven und negativen Sinne der Brachydiagonale in dieser Richtung verlängert wird. Aus demselben Grunde darf man aber auch auf die Winkel der Ätzfigur kein Gewicht legen, und es ist nicht ausgeschlossen, dass das Lösungsprisma, obwohl die Winkel in den Richtungen der Brachydiagonale meist sehr spitze sind (circa 60°), trotzdem gerade in dieser Richtung stumpfe Winkel hat.

Ist nun der Schluss, dass ein Prisma und ein Brachydoma Lösungsflächen sind, richtig, so muss auf den Makropinakoid eine ganz analoge Ätzfigur auftreten, wie auf der Basis. Leider musste ich diese Fläche künstlich an Krystalle anschleifen und erhielt nicht ganz tadellose Ätzfiguren. Doch ergibt sich, dass in der That die theoretisch erwartete Ätzfigur auch auf dem Makropinakoid (Fig. 124) sich findet. Die Figur ist jedoch etwas weniger lang gezogen als diejenigen der Basis und man darf daraus wohl den Schluss ziehen, dass die dem Prisma entsprechenden Lösungsflächen (124 *A*, *cc'*) etwas weniger wirksam sind, als diejenigen des Brachydomas. Mitunter erhält man bei

längerer Ätzung langgezogene spitzrhombische Ätzfiguren, wie eine solche am Boden der Figur 124 (rechts) abgebildet ist. Doch sind diese Figuren, da sie auf bereits veränderter Fläche auftreten, nie ganz regelmässig. Ebenso wenig als aus den Winkeln der Ätzfigur der Basis ein Schluss auf die Indices des Lösungsprismas, ebenso wenig kann man aus den Winkeln der Ätzfigur (65—76°) des Makropinakoides einen Schluss auf die Indices des Lösungsdomas ziehen.

Eher gestattet erscheint ein solcher Schluss aus den Ätzfiguren der Prismenflächen ∞P und $\breve{P}\infty$. Sind ein Prisma und ein Brachydoma Lösungsflächen, so muss man im Allgemeinen Ätzfiguren von trapezförmigem, zugleich der monoklinischen Symmetrie entsprechenden Umrisse erwarten. In dem Falle jedoch, dass die geätzte Prismenfläche dieselben Indices hat, wie das Lösungsprisma und — analog — wenn die geätzte Domenfläche dieselben Indices hat, wie die geätzte Domenfläche, sind Ätzfiguren vom Umrisse eines gleichschenkeligen Dreieckes zu erwarten.

Ätzt man nun einen kleinen Krystall unter dem Mikroskop, so sieht man auf der Prismenfläche ∞P nach Verlauf ungefähr einer halben Minute ganz kleine, fast gleichseitige Dreiecke auftreten, deren Spitze gegen die stumpfe Prismenkante gewendet ist (Fig. 125 *a*). Beim Beginne der Entwicklung erinnern diese Ätzfiguren etwas an die bekannten Ätzfiguren auf der Oktaëderfläche des Alauns, und manchmal überdeckt sich fast die ganze geätzte Fläche mit dicht stehenden Dreiecken. Erst secundär tieft sich dann der Boden der Figur mehr und mehr ein und es bildet sich innerhalb des sich vergrössernden Dreieckes allmälig ein secundäres Fünfeck mit sehr complicirten Flächen heraus (Fig. 125 *b*, *c*, *d*). Vergleicht man nun die primäre Form der retardirten Ätzfigur mit der Projection der aus $\infty P . \breve{P}\infty$ bestehenden Lösungsgestalt auf die Prismenfläche ∞P (Fig. 125 *A*), so wird man die grosse Ähnlichkeit des Umrisses nicht verkennen und es gewinnt dadurch in der That die Annahme grosse Wahrscheinlichkeit, dass die genannte Combination die Lösungsgestalt des Aragonites sei.

Die Ätzfiguren des Brachydomas $\breve{P}\infty$ habe ich leider wegen Mangel an geeignetem Material nicht in ihrer Entwicklung ver-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

folgen und überhaupt nicht oft untersuchen können. Doch erhielt ich auf der natürlichen glatten Fläche ebenfalls Dreiecke, welche annähernd der Projection der vermutheten Lösungsgestalt entsprechen (vergl. 126 *A* und 126 *a*.)

So sehr nun im Ganzen die geschilderten Ätzfiguren des Prismas und des Brachydomas für die angenommene Lösungsgestalt $\infty P. \breve{P}\infty$ sprechen. so wäre es doch in hohem Grade wünschenswerth, eine Reihe von verschiedenen Prismen[1] und Brachydomen auf ihre Ätzfiguren zu prüfen, denn sollte sich herausstellen, dass auch auf anderen Prismen und Brachydomen, als jenen der Grundgestalt dreieckige Ätzfiguren entstehen, so würde natürlich die Bedeutung, welche denselben hier beigelegt wird, sehr an Werth verlieren, und es bedürfte überhaupt einer weit umfassenderen Prüfung der Ätzfiguren des Aragonites, als sie hier vorgelegt werden kann, um einen sicheren Schluss bezüglich der Lösungsflächen ziehen zu können.

Ich konnte nur wenige Beobachtungen an dem Brachydoma $2\,\breve{P}\infty$ machen, welches an einzelnen Individuen der Krystalle des Banates in brauchbarem Zustande vorkam. An diesem Doma erhielt ich in der That deutlich trapezförmige Figuren mit concentrirter Ameisensäure, während gleichzeitig auf dem Prisma Dreiecke entstanden.

Was nun die Lösungsgestalten betrifft, so ist es trotz mehrfacher Versuche nicht gelungen, die primäre Gestalt darzustellen, obwohl im Allgemeinen Lösungsgestalten mit Ameisensäure und Phosphorsäure nach länger dauernder Ätzung regelmässig an den Flächen der Basis und längs der stumpfen Prismenkante oder auf dem künstlich angeschliffenen Makropinakoid oder an Bruchflächen entstehen, während dies auf dem Brachypinakoid, dem Brachydoma und dem Prisma in der Regel nicht der Fall ist.

Ätzt man die Basis längere Zeit mit concentrirter Ameisensäure, so treten, zunächst dicht gedrängte zusammenfliessende Ätzfiguren auf. Dadurch entsteht eine brachydiagonale, grobe

---

[1] Die Zahl der natürlich vorkommenden Prismen des Aragonites scheint übrigens eine sehr geringe zu sein. Erst v. Zepharovich hat zu dem Grundprisma einige neue, diesem jedoch nahestehende, Prismen aufgefunden.

Streifung. Ausserdem entstehen aber an einzelnen Stellen Streifungen, welche spitze Winkel von 35—54° in der Richtung der Brachydiagonale bilden, und allmälig arbeiten sich etwas erhabene, nicht sehr regelmässige Ecken heraus (Fig. 127 *α*), welche zunächst dreiflächig sind, wobei eine Kante in die Brachydiagonale fällt. Dabei bleibt aber der Process nicht stehen. Längs der brachydiagonalen Kante entsteht allmälig eine domaartige, von glatten Flächen begrenzte, mehr weniger lang ausgezogene Gestalt (Fig. 127 vorne, 128, 129), welche im Allgemeinen eine Combination eines Brachydomas (Fig. 128 *a a'*) einer Pyramide (*b b'*) und eines Makrodomas (*c*) darstellt. Bisweilen ist statt der Makrodomenfläche eine, einer Makropyramide entsprechende Doppelfläche vorhanden (Fig. 129 rechts), bisweilen fehlen aber die Pyramidenflächen und die Gestalt ist dann eine Combination eines Brachy- und eines Makrodomas (Fig. 129 links). Die Lösungsgestalten erreichen oft bedeutende Grösse und zeigen meist sehr scharfe Kanten, welche genau in eine Spitze zusammenlaufen. Die Flächen sind im Allgemeinen glatt, nur die Makrodomenfläche ist häufig rauh, und zwar, wie es scheint, von dicht gedrängten, minimalen Lösungsgestalten, welche sich auf dieser Fläche bilden.

Die Lösungsgestalten entstehen, entsprechend der rhombischen Symmetrie der Basis, bald mit der Spitze nach der positiven, bald nach der negativen Richtung der Brachydiagonale; doch finden sich an einer und derselben Stelle alle Spitzen nach derselben Seite gerichtet. Was nun die Flächen betrifft, so überzeugt man sich, dass man ein Brachydoma vor sich hat, einmal dadurch, dass die Kante zwischen den Flächen *a a'*, Fig. 128 bei der Projection auf die Basis auch bei stärkeren Vergrösserungen in ihrer ganzen Ausdehnung scharf zu sehen ist, ferner durch Betrachtung der Lösungsgestalten in der Projection auf die Brachypinakoidfläche. Die Bestimmung des Winkels des Domas versuchte ich durch Zeichnung und durch Messung mit dem Goniometerocular, nachdem die Gestalten vertical gestellt, respective in die Projection auf die Makropinakoidfläche gebracht waren (Fig. 132). Es zeigte sich, dass der Winkel nur sehr selten annähernd 108·5° war, in der Regel aber weit stumpfer (120—135°). Genaue Messungen waren übrigens nicht möglich

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Was die anderen Flächen anbelangt, so ergab die Makrodomenfläche einen Kantenwinkel entsprechend der Hauptaxe von 86·5 bis 102°, im Mittel etwa 94°. Daraus würde sich das an natürlichen Krystallen nicht beobachtete Doma[1] $\frac{4}{5}\bar{P}\infty$ (ber. 94°33′) ergeben. Die Brachypyramidenflächen (*b*, *b*) zeigten ausserordentlich wechselnde Projectionswinkel, und namentlich war — analog wie bei den Lösungsgestalten der Spaltungsfläche des Kalkspathes — die rechte und linke Seite der Gestalt oft auffällig verschieden.

Um eine Vorstellung von der grossen Variabilität der projicirten Flächenwinkel der Lösungsgestalten auf der Basis zu geben, führe ich an, dass bei der Messung von 10 Gestalten der in Fig. 128 abgebildeten Form der Winkel der Flächen *a* und *a*′ zwischen 35° und 85·5° der Winkel der Flächen *b* und *b*′ zwischen 26° und 98°, der Winkel der Fläche *c* zwischen 90° und 124° schwankte. Ausserdem waren die paarigen Winkel oft beträchtlich verschieden und fast niemals genau gleich. Die Mittel aus sämmtlichen 10 gemessenen Ecken ergaben für *a* und *a*′ circa 57°, für *b* und *b*′ 69°, für *c* 108° Dass man, angesichts so grosser Schwankungen nur durch eine sehr grosse Zahl von Messungen auf eine brauchbare Mittelzahl kommen würde, liegt auf der Hand.

Ätzt man die Makropinakoidfläche oder die stumpfe Prismenkante, so treten anfangs analoge Erscheinungen auf, wie auf der Basis. Erst arbeiten sich ziemlich spitze Dreiecke aus der Fläche, welche in dreikantige Ecken übergehen (Fig. 133 *z*), dann entsteht längs der in der Symmetrielinie liegenden Kante eine secundäre Lösungsgestalt, die jedoch jener der Basis nicht ganz analog ist. Sie zeigt nämlich eine Fläche (Fig. 133 *a*), welche dem Makropinakoid nahe steht, ferner zwei Flächen (*b b*′), welche einer, einem Prisma nahestehenden Pyramide angehören und endlich zwei Flächen *c c*′, welche einer ziemlich stumpfen Pyramide entsprechen. Eine der Domenkante der Basis homologe Prismenkante tritt aber nicht auf. Die Fläche *a* scheint ganz direct aus der unpaaren Fläche der zuerst auftretenden dreikantigen Ecke hervorzugehen. Auch für die Gestalten des Makro-

[1] Vergl. v. Zepharovich diese Ber. Bd. LXXI. Aprilheft 1875.

pinakoides gilt — wie für jene der Basis — dass die Spitzen bald nach der positiven, bald nach der negativen Seite gerichtet sind. Was die Winkel dieser Gestalten anbelangt, so sind sie wohl eben so variabel, wie diejenigen der Gestalten der Basis. Häufig gemessen wurde nur der Winkel *m o n* (Fig. 133), weil derselbe dem Kantenwinkel des Brachydomas entsprechen muss. Es ist nun sehr bemerkenswerth, dass dieser Winkel sehr häufig dem berechneten Winkel von $\breve{P}\infty$ (108°26′) sich nähert. Indessen hat dies nicht ganz überzeugende Kraft, da der Winkel aus dem Winkel α, der im Beginne 75—85° beträgt, successive hervorgeht, andererseits aber wieder in Winkel bis 130° übergeht.

Was nun die Deutung der geschilderten Lösungsgestalten betrifft, so ist wohl zunächst kein Zweifel, dass sie nicht primär sind. Eher könnte man daran denken, dass die vor dem Erscheinen der eigentlichen Lösungsgestalten auftretenden dreikantigen Ecken in naher Beziehung zu den Lösungsflächen sind. Doch zeigen diese so inconstante Winkel, dass man durch Messungen zunächst nicht viel gewinnen kann. Der allgemeinen Lage nach ist die obere Fläche solcher dreikantiger Ecken annähernd noch die geätzte Fläche; die abfallenden Flächen entsprechen aber auf der Basis im Allgemeinen einer Brachypyramide, auf dem Makropinakoid einer Pyramide mit langer Hauptaxe. Wenn nun die früher aus den Ätzfiguren erschlossene Lösungsgestalt existirt, so sollte man zunächst — bei oberflächlicher Betrachtung — erwarten, dass der Flächenwinkel (α, Fig. 127 und 133) dem Kantenwinkel des Prismas (116°10′), respective des Brachydomas (108°26′) entsprechen sollte, etwa so, wie bei den Lösungsgestalten des Kalkspathes die Projection des Lösungsrhomboëders sich fast immer kenntlich macht. Allein die Verhältnisse beim Aragonite liegen nicht so einfach. Während beim Kalkspathe für die meisten Krystallflächen die Lage der drei Lösungsflächen eine solche ist, dass denselben eine dreikantige Ecke der Lösungsgestalt entspricht, handelt es sich beim Aragonit auf der Basis und dem Makropinakoid um vier Lösungsflächen, von welchen je zwei und zwei ungleichwerthig sind, und von welchen das eine Paar eine auf der geätzten Fläche vertical stehende Kante, das andere eine horizontal liegende, dachartige Kante zu erzeugen sucht. Es ist nun im Allgemeinen begreiflich, dass

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zunächst weder eine verticale, noch eine horizontale Kante, sondern eine schiefe Pyramidenkante auftritt, welche eine intermediäre Lage hat, und ebenso müssen die unpaaren Flächen und dreikantigen Ecken Winkel bilden, welche nicht dem Winkel der vertical einschneidenden Flächen entsprechen, sondern, vermöge der vorhandenen Tendenz nach der Bildung einer dachartigen Kante, zugespitzt erscheinen, und zwar um so mehr, je stärker die Substanz längs der Flächen löslich ist, welche zur dachartigen Kante zusammenzutreten streben. Da nun die Dreieckswinkel auf der Pinakoidfläche (α, Fig. 133) stets stumpfer sind, als die Dreieckswinkel (α, Fig. 127) auf der Basisfläche, so darf man wohl schliessen, dass die Brachydomenflächen einer höheren Löslichkeit des Aragonites entsprechen, als die Prismenflächen; ein Schluss, den wir bereits mit einiger Berechtigung aus den Ätzfiguren ziehen konnten. Für dieselbe Annahme spricht nun die weitere Entwicklung der Lösungsgestalten. Auf der Basisfläche arbeitet sich schliesslich in der That eine Brachydomenkante hervor (Fig. 127, 128), auf dem Makropinakoid dagegen spitzt sich zwar auch noch der Winkel a in Bezug auf α häufig etwas zu, und es nähern sich die Pyramidenflächen (b b, Fig. 133) der Lage der Prismenflächen; es kommt aber nie zur Bildung einer Prismenkante. Die Veränderungen, welche dann die vordere Spitze der Figur erleidet, lassen wohl die Annahme zu, dass sie vorzüglich durch secundäre Wirkungen der vertical einschneidenden Flächen hervorgebracht werden. Es scheint nicht nothwendig zu sein, dass etwa ein Makrodoma oder das Makropinakoid, wie ich einige Zeit dachte, auch noch als primäre Lösungsflächen angenommen werden.

Abgesehen von einigen Details, welche in der Ungleichwerthigkeit der beiderlei Lösungsflächen ihre Erklärung finden lässt sich die Analogie der Lösungsgestalten auf der Basis und dem Makropinakoid nicht verkennen und diese Analogie spricht umsomehr für die angenommene primäre Lösungsgestalt, wenn man die Ätzeffecte auf anderen Flächen mit concentrirter Ameisensäure verfolgt. Auf der Brachypinakoidfläche erhielt ich keine Lösungsgestalten, an der Prismenfläche nur Lösungsgestalten längs der stumpfen Kante — die also eigentlich dem Makropinakoid angehören. Auf der reinen Prismenfläche erhielt ich nur

massenhafte, tief sich eingrabende Ätzfiguren, aber niemals Lösungsgestalten. Dies ist insoferne von Interesse, als auf dem Kalkspath auf der reinen Fläche eines Krystalles $-2R$ ebenfalls keine Lösungsgestalten entstehen, sondern nur an den Bruchrändern. Wir werden noch später darauf zurückkommen, dass auf Lösungsflächen überhaupt leicht Ätzfiguren, aber schwer Lösungsgestalten entstehen. Über das Verhalten der Brachydomenfläche kann ich mich nicht so bestimmt, wie über die Prismenfläche aussprechen, da ich sie nicht so oft zu untersuchen Gelegenheit hatte. Doch konnte ich in den wenigen Fällen, in welchen ich reine Brachydomenflächen $\breve{P}\infty$ mit concentrirter Ameisensäure ätzte, nur Ätzfiguren, aber keine Lösungsgestalten erzeugen.

Wie beim Kalkspathe, so bringt auch beim Aragonite verdünnte (50%) Ameisensäure andere Lösungsgestalten hervor, als die concentrirte. Auf der Basis (Fig. 130) und auf dem Makropinakoid entstehen Gestalten, welche einander ähnlicher sind, als die mit concentrirter Säure dargestellten. Auf beiden Flächen erhält man zierliche, vorspringende Ecken, welche entweder drei oder fünf Flächen zeigen, von welchen die mittlere einem Makrodoma entspricht, das entweder der Basis (Fig. 130) oder dem Pinakoid nahe steht.

Betrachtet man solche Ecken in der reinen Aufsicht, indem man den geätzten Krystall durch Drehung um die Makrodiagonale (bb', Fig. 120) so stellt, dass die Halbirungslinie des Winkels zwischen Hauptaxe und Brachydiagonale vertical steht, so erscheinen die Ecken, achtflächig (Fig. 131) und zwar bald so, dass auf der der Basis, bald auf der dem Makropinakoid entsprechenden Hälfte fünf Flächen zu sehen sind; auf der anderen jedoch drei. Die Ätzerfolge mit 50% Ameisensäure auf der Basis und dem Makropinakoid sind also im Ganzen sehr analog.

Diese achtflächigen Ecken stehen vielleicht in einer Beziehung zu der supponirten primären vierflächigen Ecke der Lösungsgestalt, wie die mit Ameisensäure erzeugten sechs- und neunflächigen Polecken der Spaltungsfläche des Kalkspathes zum primären Lösungsrhomboëder; doch muss ich mich mit Vermuthungen begnügen, da ich genauere Messungen nicht angestellt habe.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es liegt nahe, sich vorzustellen, dass, analog wie beim Kalkspathe die vorzüglichsten secundären Lösungsflächen des Aragonites in Zonen liegen, welche durch die Kanten der primären Lösungsgestalt gegeben sind. Also einmal eine Reihe von Brachydomen, welche zwischen $\breve{P}\infty$ und $o\,P$ liegen, ferner eine Reihe von Prismen, welche zwischen ∞P und $\infty\breve{P}\infty$ liegen, endlich eine Reihe von Pyramiden, welche man erhält, wenn man sich eine Fläche ∞P um die Combinationskante $\infty P.\breve{P}\infty$ herumgedreht denkt, bis sie die Grenzlage $\breve{P}\infty$ erreicht. Der Anblick der Lösungsgestalten ist, so weit man dies ohne genaue Messungen beurtheilen kann, einer solchen Vorstellung im Allgemeinen nicht ungünstig; es kommen aber ganz zweifellos auch secundäre Lösungsflächen vor, welche keiner dieser Zonen angehören, nämlich Makrodomen, die allerdings in der Regel den Flächen $o\,P$ oder $\infty\breve{P}\infty$ nahe stehen, an den mit concentrirter Ameisensäure dargestellten Figuren aber einen Winkel von circa 47° mit der Verticalaxe (c) bilden.

Das vermuthete System der hauptsächlichen secundären Lösungsflächen des Aragonites umfasst drei Gruppen ungleichwerthiger Flächen und es ist daher schwierig, sich ein anschauliches Bild der möglichen Combinationen zu machen. Man kann sich aber die Vorstellung durch eine Analogie aus dem regulären System erleichtern. Denkt man sich nämlich die drei Kanten der Combination $\infty P.\breve{P}\infty$ (ab, ac, ad, Fig. 121) als gleichwerthig, so geht dieselbe in ein reguläres Oktaëder über, wie dieses auf eine Dodekaëderfläche gestellt, sich darstellt. Die Zone, welche man durch Drehung einer Fläche um eine Oktaëderkante erhält, entspricht nun im Allgemeinen einer Reihe von Triakisoktaëderflächen, deren Grenzlagen einerseits die Oktaëder, anderseits die Dodekaëderfläche darstellen.

Es ist nun von grossem Interesse, dass nach Becke beim Bleiglanze die secundären Lösungsflächen (Ätzflächen n. B.) in der Zone der Oktaëderkante zwischen Oktaëder und Dodekaëder sich bewegen, und ich werde später noch auf die Analogien welche zwischen den Ätzerscheinungen am Bleiglanze, und jenen des Aragonites bestehen, zurückkommen.

Ausser mit Ameisensäure lassen sich mit concentrirter, käuflicher Phosphorsäure schöne, oft sehr gross werdende Lösungs-

gestalten darstellen. Sie entstehen viel rascher als mit Ameisensäure und zeichnen sich auf der Basis durch starke Abstumpfung der Enden aus (Fig. 134). Die Lösungsgestalten des Makropinakoids erscheinen als drei- oder fünf flächige Spitzen (Fig. 135), welche den mit verdünnter Ameisensäure erzeugten ähnlich sind. Der Winkel des Contours der Spitzen mit drei Flächen ist annähernd derselbe, wie der Kantenwinkel des Brachydomas der Basis. Die Lösungsgestalten der Basis zeigen nämlich eine deutliche Brachydomenkante, welche im Allgemeinen ziemlich stumpf ist, aber constantere Winkel zeigt als an den Gestalten mit Ameisensäure. In der Projection auf $\infty\breve{P}\infty$ gemessen, betrug derselbe 122—128°, im Mittel 125·2°. Daraus würde sich das wohl secundäre Brachydoma $\frac{5}{7}\breve{P}\infty$ (ber. 125°31′)[1] ergeben. Die Lösungsgestalten des Makropinakoides zeigen mit Phosphorsäure ebenso wenig eine Prismenkante (Fig. 135) als diejenigen mit Ameisensäure.

Ausnahmsweise erhielt ich mit Phosphorsäure einmal auf einer nicht ganz glatten Brachypinakoidfläche Lösungsgestalten mit einer Prismenkante, sonst aber auf dieser Fläche auch mit Phosphorsäure immer nur Ätzfiguren.

Auf Grund der Analogien der vermutheten Lösungsgestalt mit einem Oktaëder, sowie mit Rücksicht auf die von Becke am Bleiglanze ermittelten Thatsachen auf der Fläche des Oktaëders dieses Minerales glaubte ich den Versuch machen zu sollen, eine Makrodomenfläche, welche die Hauptaxe c und die Brachyaxe a unter Winkeln von 45° schneidet, welche jedoch keine mögliche Krystallfläche ist,[2] zu ätzen. Ich hoffte, erhabene Spitzen zu finden, von welcher die Flächen nach allen Seiten ziemlich gleichmässig abfallen, analog etwa, wie auf der Basis des Kalkspathes oder auf der Oktaëderfläche des Bleiglanzes. Doch konnte ich natürlich nicht eine vollkommene Symmetrie der Spitzen erwarten, da ja die künstlich anzuschleifenden Fläche nur eine monoklinische Symmetrie hat. Es war also eine etwas verzerrte Lösungsgestalt vorauszusehen, die nur in Bezug auf eine dem

---

[1] Auch dieses Doma fehlt in der Tabelle von Zepharovich's l. c.

Annähernd entspricht die Fläche dem an natürlichen Aragonitkrystallen nicht bekannten Doma $\frac{19}{23}\breve{P}\infty$.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Brachypinakoid parallele Linie symmetrisch sein konnte. Ferner erwartete ich, dass der Contour dieser erhabenen Spitze in Beziehung auf diese Linie einen rechten Winkel bilden werde, dessen Schenkel mit der geätzten Fläche Winkel von 45° bilden. Über die einzelnen auftretenden Flächen war a priori nichts Bestimmtes zu vermuthen. Lösungsgestalten — also erhabene Ecken — erwartete ich desshalb mit ziemlicher Bestimmtheit, weil ich an Bruchflächen, welche annähernd die Lage von Makrodomenflächen hatten, wiederholt die Erfahrung gemacht hatte, dass Lösungsgestalten an ihnen sehr leicht entstehen. Ich benützte zu dem Versuche einen grösseren Krystall von Horschenz, auf dessen wohl ausgebildeten Brachypinakoid- und Prismenflächen die Richtung der anzuschleifenden Fläche mit einer Stahlspitze markirt und dann zunächst mit der Feile, dann durch Poliren die gewünschte Fläche hergestellt wurde, was leidlich gut gelang. Der Krystall wurde nun in concentrirter käuflicher Phosphorsäure geätzt und zeigte nach kurzer Zeit die ganze Fläche überdeckt von theils isolirt stehenden, theils zu Gruppen vereinigten erhabenen Ecken, wie sie in Fig. 136 abgebildet sind. Auf den ersten Anblick glaubte ich Ätzfiguren vor mir zu haben, da namentlich die isolirt stehenden Spitzen eine so scharf abgegrenzte Basis hatten, wie sie sonst bei Lösungsgestalten selten vorkommt. Die Untersuchung bei stärkerer Vergrösserung zeigte aber mit voller Sicherheit, dass ich spitze Lösungsgestalten vor mir hatte. Noch sicherer war natürlich die Betrachtung der Profilansicht, nachdem die Fläche so gestellt war, dass sie mit der Makroaxe vertical stand. Die Messung in dieser Stellung war nicht sehr genau ausführbar, doch waren die Ecken jedenfalls in dieser Stellung nahezu rechtwinkelig (Winkel 90—95°) und die Schenkel des Winkels bildeten, wie vorausgesetzt war, mit der geätzten Fläche ziemlich genau Winke von 45° Was nun die einzelnen Flächen der Spitzen anbelangt, so waren dieselben eigenthümlich complicirt. Im Ganzen machten die Spitzen den Eindruck wie in der Gruppe auf der linken Seite der Fig. 136; fünf Flächen, von welchen die beiden vorderen dem Brachydoma, die mittlere der drei hinteren dem Makropinakoid, die seitlichen hinteren aber zwei Pyramidenflächen entsprechen. Bei genauerer Untersuchung stellte sich aber heraus, dass in die

beiden vorderen (Brachydomenflächen) jederseits ein dreieckiger, zwickelförmiger Einschnitt so eingreift, dass jede dieser vorderen Flächen mit diesem Einschnitte zwei einspringende Kanten bildet, wie dies in der einzelnen Gestalt auf der rechten Seite der Fig. 136 dargestellt ist.

Im Ganzen war der Versuch überraschend gut gelungen.

Indem ich die mitgetheilten Beobachtungen über den Aragonit zusammenfasse, glaube ich als wahrscheinlich aussprechen zu dürfen, dass die Combination $\infty P.\breve{P}\infty$ die primäre Lösungsgestalt darstellt. Sicher ist dies jedoch nicht; es kann möglicher Weise auch ein anderes Prisma in Combination mit einem anderen Brachydoma die primäre Lösungsgestalt sein und es ist auch nicht undenkbar, dass es noch weitere primäre Lösungsflächen gibt. Für zweifellos halte ich nur, dass die Hauptlösungsflächen (Flächen grösster Löslichkeit) einem Brachydoma angehören.

Die ausgesprochene Annahme würde im Gegensatze zum Kalkspathe ergeben, dass die Lösungsflächen des Aragonites mit — allerdings unvollkommenen — Spaltungsflächen zusammenfallen. Es ist natürlich theoretisch durchaus nicht ausgeschlossen, dass dies der Fall sein kann; ich habe auch bereits früher die Vermuthung geäussert, dass wahrscheinlich auch für das Kochsalz Spaltungsflächen und Lösungsflächen (für Wasser) zusammenfallen, und, soweit die Untersuchungen Klocke's über die Ätzfiguren des Alaunes einen Schluss gestatten, ist es nicht unmöglich, dass auch bei diesem die Lösungsflächen mit den Spaltungsflächen (Oktaëder) zusammenfallen.

Schliesslich muss noch der merkwürdigen Versuche Lavizzari's[1] gedacht werden. Umgekehrt wie beim Kalkspathe ist nach Lavizzari die Basis des Aragonites die Fläche, welche im Verhältniss zur Prismenfläche unter gleichen Umständen beim Ätzen mehr Gas entwickelt. Die Gasentwicklung verhält sich ungefähr bei Anwendung concentrirter Salpetersäure wie 3 : 1. Durch Ätzen einer Aragonitkugel mit concentrirter Salpetersäure entstand eine Combination, welche aus einer Pyramide, einem Prisma und einem Pinakoid besteht. Aus der Zeichnung und Darstellung Lavizzari's lässt sich nichts Bestimmtes über die

[1] Nouveaux phénoménes des corps cristallisés. Lugano, 1865.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Indices der Form entnehmen; es ist nicht einmal ganz klar, ob das Pinakoid der Brachy- oder Makroaxe parallel ist. Die Pyramide könnte, der Zeichnung nach, die Grundpyramide sein. Nimmt man dies an, so wäre das Pinakoid ein Makropinakoid. Eine directe Vergleichung dieser secundären Lösungsgestalt, welche Lavizzari durch Ätzen einer Kugel erhielt, mit denjenigen, welche man beim Ätzen einzelner Flächen erhält, ist natürlich wiederum ebenso wenig zulässig, wie beim Kalkspathe.

XII. Capitel.

Theoretische Schlussbetrachtungen und Thesen.

Wenn in den vorausgehenden Blättern der Versuch gemacht wurde, eine theoretische Erklärung der Ätzerscheinungen des Kalkspathes und des Aragonites anzubahnen, so kann selbstverständlich nicht der Anspruch erhoben werden, damit eine genügende Theorie der Ätzerscheinungen der Krystalle überhaupt gefunden zu haben. Es wäre vermessen, etwas Derartiges auf die Untersuchung zweier Minerale hin zu glauben, und es ist nicht zu zweifeln, dass bei anderen Krystallen noch theoretisch wichtige Erscheinungen in den Vordergrund treten werden, welche hier gar nicht berührt oder kaum angedeutet wurden.

Dafür sprechen die bereits vorliegenden anderweitigen Untersuchungen über Ätzfiguren; insbesondere aber die Ätzversuche an der Zinkblende von F. Becke.[1] Aus den Untersuchungen Becke's scheint mir zweifellos hervorzugehen, dass die primäre Lösungsgestalt der Zinkblende (in Bezug auf Salzsäure) das positive Tetraëder ist. Hiefür sprechen vor Allem die Lösungsgestalten auf der Dodekaëderfläche der Blende, welche zwar grossentheils den Charakter von secundären Lösungsgestalten als verschiedene Formen von Triakistetraëdern zeigen, zum Theil aber die kaum modificirte Form der primären Lösungsgestalt darstellen.

Dies gilt insbesondere von den in Fig. 4, Taf. VII (l. c.) abgebildeten Gestalten der Dodekaëderfläche einer Blende von Santander, von welchen ich eine hier copire (Fig. 137). Der

[1] l. c.

Winkel *m o n* beträgt nach Becke circa 70°. Da dieser Winkel dem Kantenwinkel des Tetraëders entsprechen muss, falls dieses Lösungsgestalt ist, so stimmt dies ziemlich genau (ber. 70°31′). Die goniometrische Messung ergab ferner, dass den Linien *o m* und *o n* wirklich auf der Dodekaëderfläche normal stehende Flächen entsprechen und aus diesen beiden Thatsachen geht zweifellos hervor, dass die zwei, den Linien *o m* und *o n* entsprechenden Flächen Tetraëderflächen sind. Bezüglich der Flächen x_1 und x_2 ergab die goniometrische Messung, dass sie der Lage nach Triakistetraëderflächen entsprechen. Es scheint mir kaum zweifelhaft, dass es sich um eine wenig modificirte primäre Lösungsgestalt handle, auf welcher aber bereits auf der oberen Fläche eine secundäre Kante entstanden ist, indem bei der Lösung die Mitte der oberen Fläche etwas weniger rasch zurückgewichen ist, als die Flächen und Kanten längs *m o n*. Die weiteren secundären Lösungsgestalten der Dodekaëderfläche der Zinkblende, welche Becke abbildet, und welche sich durch starke Abflachung des Winkels *m o n* auszeichnen, erinnern so sehr an die secundären Veränderungen, die ich an den Seitenecken der Lösungsgestalt des Kalkspathes auf der Spaltungs- und ersten Prismenfläche direct beobachtete, dass man analoge Vorgänge auch für die Zinkblende als wahrscheinlich annehmen muss.

Ebenso lässt sich die Bildung der Ecke eines positiven Triakistetraëders auf der negativen Tetraëderfläche der Zinkblende ganz analog, wie die Bildung einer sechsflächigen Pyramide auf der Basis des Kalkspathes, als secundäre Lösungsgestalt auffassen.

Ferner lässt sich die Analogie nicht verkennen, welche darin liegt, dass die hauptsächlichsten secundären Lösungsflächen beim Kalkspathe — soweit es sich um Polecken handelt — in einer Zone liegen, welche gegeben ist durch die Drehung einer Fläche um die Polkante von $-2R$, bei der Zinkblende aber meistens in einer Zone, welche gegeben ist durch Drehung einer Fläche um eine Kante des positiven Tetraëders. Was die Ätzfiguren betrifft, so macht es keine Schwierigkeit, aus den Darstellungen Becke's auf der Würfelfläche und der Fläche des positiven Triakistetraëders $+z(311)$ die Umrissfigur der primären Lösungsgestalt wieder zu erkennen, und was die positive

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tetraëderfläche anbelangt, so ist bei dieser zum Theil dasselbe der Fall, theilweise kommen aber auf dieser auch Ätzfiguren vor, welche in ihrem Charakter instantanen Ätzfiguren des Kalkspathes analog sind. (Sechsecke und Figuren mit gebogenen Seiten und Flächen.)

Aus den Untersuchungen Becke's über den Bleiglanz lässt sich entnehmen, dass nach Ätzung der Würfelfläche mit heisser Salzsäure erhabene Oktaëderecken entstehen und es ist demnach, sowie mit Rücksicht auf die Ätzfiguren, wohl das Oktaëder die primäre Lösungsgestalt des Bleiglanzes. Mit kalter Salzsäure entstanden als secundäre Lösungsgestalten Triakisoktaëder, welche bis zur Grenzlage — dem Dodekaëder — reichten.

Auch beim Bleiglanze zeigt sich also wieder die Erscheinung, dass die hauptsächlichsten secundären Lösungsflächen in einer Zone liegen, welche durch Drehung einer Ebene um die Kante der primären Lösungsgestalt gegeben ist.

Ich kann es nicht unterlassen, noch speciell auf die Analogien einzugehen, welche die retardirten Ätzfiguren des Bleiglanzes mit den retardirten Ätzfiguren des Aragonites zeigen. Man kann sich die in Fig. 121 dargestellte Combination leicht in Analogie mit Flächen eines regulären Krystalles bringen. Betrachtet man die Prismen- und die Brachydomenfläche durch Oktaëderflächen ersetzt, dann entsprechen die Basis und das Makropinakoid Dodekaëderflächen, die Brachypinakoidfläche aber einer Würfelfläche. Die Ätzfiguren des Bleiglanzes sind nun auf der Würfelfläche Quadrate, deren Seiten parallel den Combinationskanten mit dem Oktaëder sind. Die Ätzfiguren des Brachypinakoides des Aragonites Rechtecke, deren Seiten parallel sind den Combinationskanten mit Prisma und Brachydoma. Die Ätzfiguren auf dem Oktaëder des Bleiglanzes sind gleichseitige Dreiecke, welche invers liegen zu den Oktaëderdreiecken, die Ätzfiguren des Prismas und des Brachydomas des Aragonites sind gleichschenkelige Dreiecke, welche invers liegen zu den entsprechenden Dreiecken der Combinationsflächen des Prismas und Brachydomas; die Ätzfiguren der Dodekaëderfläche des Bleiglanzes sind rhombische Figuren, deren Winkel in der Richtung der langen Diagonale der Dodekaëderfläche viel spitzer sind (59·3°) als die Projection des Oktaëderkantenwinkels (109°28′); die

Ätzfiguren der Basis und des Makropinakoides des Aragonites sind rhombische Figuren, deren Winkel in der, der langen Diagonale der Dodekaëderfläche homologen Brachydiagonale, respective Hauptaxe viel spitzer sind (circa 60° und 76°), als die Projection des Prismas (116°10′), respective des Brachydomas (108°26′).

Ich bemerke noch, dass die seichten Ätzfiguren auf der Dodekaëderfläche des Bleiglanzes, welche Becke in seiner Taf. III (Fig. 3, unten) abbildet, den Ätzfiguren der Basis des Aragonites bei sehr schwacher Ätzung (Fig. 123 *c*) fast zum Verwechseln ähnlich sind.

Besonders bemerkenswerth ist noch, dass Becke weder auf der positiven Tetraëderfläche der Zinkblende noch auf der Oktaëderfläche des Bleiglanzes Ätzhügel (Lösungsgestalten) beobachtete, sondern nur Ätzfiguren. Analog konnte auch ich auf den reinen Flächen $-2R$ des Kalkspathes, ∞P und $\breve{P}\infty$ des Aragonites nur Ätzfiguren, aber keine Lösungsgestalten hervorrufen. Es scheint demnach, dass auf den Lösungsflächen selbst keine Lösungsgestalten, sondern nur Ätzfiguren und diese besonders leicht entstehen. Dies ist im Allgemeinen begreiflich, da die Lösungsfläche für die Entstehung von Lösungsgestalten desshalb höchst ungünstig wäre, weil ja bei einer primären Lösungsgestalt oben immer zunächst eine horizontale Fläche entstehen müsste, während bei anderen Flächen in der Regel sofort Spitzen mit abfallenden Flächen auftreten können.

So weit kann man also in den Beobachtungen Becke's eine Erweiterung dessen finden, was sich am Kalkspathe und Aragonite ergeben hat, und es lassen sich dieselben theoretischen Gesichtspunkte hier, wie dort, geltend machen.

Es ergeben sich aber, insbesondere aus den hochinteressanten Versuchen Becke's an der Zinkblende auch theoretische Folgerungen, für welche beim Kalkspathe kein bestimmter Anhaltspunkt war.

Die Lösungsgestalt der Zinkblende besteht aus einem Flächencomplexe, in welchem keine parallelen Flächen vorkommen, und es lässt sich in Folge dessen deutlich erkennen, dass für die Lösungsvorgänge nicht bloss die Einschneiderichtung und Neigung der Lösungsflächen, sondern auch die Richtung innerhalb einer Lösungsfläche für den Lösungseffect von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wesentlichster Bedeutung ist. Dies ergibt sich zunächst aus dem Umstande, dass der Lösungseffect auf der positiven und auf der negativen Tetraëderfläche ein total verschiedener ist. Die Einschneiderichtungen und Neigungen der Lösungsflächen sind für das positive und negative Tetraëder genau gleich. Bei beiden handelt es sich um drei unter Winkeln von 60° sich kreuzende, den Kanten der geätzten Fläche parallele Einschneiderichtungen der Lösungsflächen, und in beiden Fällen haben die Lösungsflächen sämmtlich eine Neigung von 70°32′. Es müsste also vermöge Richtung und Neigung der einschneidenden Flächen auf der positiven und negativen Tetraëderfläche derselbe Ätzeffect sich zeigen. Da dies nicht der Fall ist, muss noch ein anderes wesentliches Moment in Betracht kommen. Denkt man sich nun die Projection der Lösungsgestalt in den Krystall hinein, so, wie sie auf der geätzten Fläche sich darstellen würde, so zeigt sich, dass auf dem positiven Tetraëder die Fläche, dagegen auf dem negativen Tetraëder die Spitze nach oben gerichtet ist. (Vergl. Fig. 138.)

Beachtet man nun die Richtungen der Bewegungen von Säuremolekülen, welche voraussichtlich den grössten Effect erzielen werden, so zeigt sich, dass diese auf dem positiven Tetraëder von der Seite einer Lösungsfläche zur Ecke, auf dem negativen Tetraëder dagegen von der Ecke zur Seite gehen, wie es in der Figur durch die Pfeile angedeutet ist. Da es vermöge der allgemeinen Symmetriegesetze sicher ist, dass die Richtungen in einer trigonalen Fläche von der Seite zur Ecke und umgekehrt ungleichwerthig sind (man vergleiche beispielsweise die Härtecurve auf der Basis des Kalkspathes auf Taf. IV, Fig. 61 *A*), so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass diese Verschiedenheit der Grund des verschiedenen Ätzerfolges auf den beiderlei Tetraëderflächen ist. Ja, diese Vorstellung ist wohl unabweisbar, wenn man überhaupt den theoretischen Auseinandersetzungen über die Existenz von Lösungsflächen, wie sie im zweiten Capitel der ersten Abhandlung[1] entwickelt wurden, beipflichtet.

Ebenso sehr, wie der verschiedene Ätzerfolg auf der positiven und negativen Tetraëderfläche, spricht auch ganz entschieden die Ätzfigur auf der Würfelfläche der Zinkblende, welche einen

[1] p. 379 (12) u. f.

lang gezogenen rechteckigen Spalt (Fig. 139 *c*) in der Richtung der Kante des positiven Tetraëders darstellt, dafür, dass die Richtungen innerhalb der Lösungsflächen von wesentlichster Bedeutung sind. Denn wären wiederum nur Einschneiderichtungen und Neigungen der Lösungsflächen von Einfluss, so müsste die Ätzfigur denselben Umriss haben, wie wenn ein Oktaëder Lösungsgestalt wäre, nämlich eine Figur von quadratischem Umrisse, deren Seiten den Diagonalen des Würfels parallel sind. Nun schneiden aber die Flächen des Tetraëders, welche auf der Würfelfläche zur Kante zusammentreffen (Fig. 139 *aa*) — wenn man sich das Tetraëder auf dieselbe gestellt denkt — so ein, dass die wirksamste Richtung von der Ecke des Dreieckes zur Seite geht wie die punktirten Pfeile andeuten; umgekehrt schneiden die beiden Flächen, welche oberhalb der Würfelfläche zur Kante zusammentreten (*bb*, Fig. 130), so ein, dass die wirksamste Richtung von der Seite zur Ecke des Dreieckes geht, wie die ausgezogenen Pfeile andeuten. Da nun die Ätzfigur in der Richtung der Kante, welche auf der Würfelfläche liegt (*aa*) sehr stark verlängert ist, ist wohl die Löslichkeit der Zinkblende in der Richtung dieser Kante viel grösser, als in der darauf senkrechten. Denn es handelt sich um eine entschieden retardirte Ätzfigur, welche erst nach 10—15 Minuten deutlich hervortritt. Es ergibt sich ferner, dass die Wirkung eines Säuremoleküles, welches in der Richtung von der Ecke zur Seite einer +Tetraëderfläche sich bewegt, viel energischer ist, als wenn die Bewegung in entgegengesetztem Sinne erfolgt. In Übereinstimmung mit diesen Schlüssen aus der Beschaffenheit der Ätzfigur der Würfelfläche der Zinkblende steht die von Becke völlig sicher gestellte Thatsache, dass die negative Tetraëderfläche im Ganzen viel leichter löslich ist, als die positive. Auf der negativen Tetraëderfläche erfolgt aber, wie früher auseinandergesetzt wurde, längs allen Lösungsflächen die wirksamste Bewegung der Säuremoleküle von der Ecke zur Seite des Dreieckes, auf der positiven aber im umgekehrten Sinne.[1] Am Kalkspathe und am Aragonite konnte

[1] Eine andere Frage ist es jedoch, ob, wie F. Becke glaubt, die Ätzflächen (Lösungsflächen) solche Flächen sind, welche der Auflösung den grössten Widerstand entgegensetzen. Dies kann vielleicht bei der Zinkblende der Fall sein; allgemein ist dies aber wohl eben so wenig giltig, wie

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kein bestimmter Anhaltspunkt für die Wichtigkeit der Richtung innerhalb einer Lösungsfläche gewonnen werden; dennoch zweifle ich nicht, dass gerade dieses Moment auch bei den genannten Mineralien von wesentlichem Einflusse ist. Insbesondere wird sich die von Lavizzari constatirte enorme Verschiedenheit der Löslichkeit der Krystallflächen, sowohl beim Kalkspathe als beim Aragonite wohl nur mit Rücksicht auf dieses Moment befriedigend erklären lassen.

Im Ganzen muss beim Kalkspathe, wie bei jedem Krystalle, bei welchem ein Flächencomplex aus gleichwerthigen, parallelen Flächenpaaren Lösungsgestalt ist, die Bedeutung der ungleichwerthigen Richtungen in den Lösungsflächen desshalb in den Hintergrund treten, weil meistens Richtung und Gegenrichtung gleichzeitig in Betracht kommen. Denkt man sich beispielsweise das Lösungsrhomboëder auf der Basis, so ist die wirksamste Bewegung der Säuremoleküle stets ebenso gut vom Pol zur Seitenecke, wie umgekehrt gerichtet. Überhaupt wird das genannte Moment bei holosymmetrischen Krystallen im Ganzen wenig auffällig eingreifen; dagegen ist es zur Erklärung der Ätzfiguren der meisten hemisymmetrischen Krystalle, die ja stets dieselbe Symmetrie haben, wie die betreffenden Krystallflächen, unentbehrlich.

Damit sind wir aber auf einem Punkte angelangt, wo die Analogien zwischen den Beziehungen von Härte und Spaltungsflächen einerseits, und von chemischer Härte und Lösungsflächen andererseits, welche uns bisher geleitet haben, vorläufig gänzlich im Stiche lassen. Denn davon, dass die Härte einer Krystallfläche auch von den Orientirungen bestimmter Richtungen der Spaltungsflächen gegen die auf ihre Härtecurve untersuchte Krystallfläche abhänge, ist bisher nichts bekannt. Und doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass dies der Fall sei. Man kann a priori kaum annehmen, dass es Härtecurven gibt, welche der Symmetrie der betreffenden Krystallfläche nicht genügen[1] und

---

der Satz, dass die Spaltungsflächen die härtesten Flächen eines Krystalles seien. Bezügliche Daten für die mittleren Härten von Krystallflächen ergeben sich insbesondere aus den neueren Arbeiten von F. Pfaff, l. c. u. Das Mesosclerometer (Sitzungsb. der königl. bayerischen Akademie in München, 1884, pag. 255.)

[1] Exner, l. c. pag. 11, Sohncke, Poggend. Ann., Ergänzungsbd. VII (1876).

die Mehrzahl der bekannten Härtecurven ist in der That den Symmetriegesetzen entsprechend. Wo Widersprüche vorkommen, können dieselben als durch die zu geringe Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode bedingt betrachtet werden. Einer der auffälligsten Widersprüche ist die von Exner [1] als der hexagonalen Symmetrie entsprechend gefundene und berechnete! Härtecurve der Dodekaëderfläche der Zinkblende, welcher doch nur eine monoklinische Symmetrie zukommen sollte. Es wäre theoretisch sehr interessant, wenn die Dodekaëderfläche der Zinkblende nach der so empfindlichen sklerometrischen Methode von F. Pfaff neu untersucht würde. Es würde sich dann dieser Widerspruch wohl lösen und wahrscheinlich sich auch Anhaltspunkte dafür ergeben, dass nicht bloss die Richtung der Combinationskanten und die Neigung der Spaltungsflächen, sondern auch die krystallographische Werthigkeit der Richtung, in welcher das Hobeln entsprechend den Spaltungsflächen geschieht, die Härte beeinflusst. Ist letzteres nicht der Fall, so muss die Härtecurve der rhombischen Symmetrie entsprechen; ist es aber der Fall, so muss sie monoklinisch werden, wobei die Symmetrielinie in die kurze Diagonale der Dodekaëderfläche fallen müsste.

Vielleicht würde sich aus dem Umstande, dass die Härte einer Krystallfläche nicht bloss von der Güte, der Einschneiderichtung und Neigung der Spaltflächen, sondern auch von der Orientirung bestimmter Richtungen der Spaltungsfläche gegen die untersuchte Fläche abhängt, eine Beziehung zwischen absoluter Härte und Spaltbarkeit ableiten lassen, was bisher nicht in genügender Weise möglich war.

Indem ich mir diese Bemerkungen über die Härte der Krystallflächen erlaubte, wollte ich mit denselben nur darauf hinweisen, wie wenig sicher der Boden ist, von welchem die Speculationen über Ätzfiguren ausgehen mussten; dass aber anderseits die theoretische Betrachtung der Ätzerscheinungen auch Gesichtspunkte eröffnet, welche für die Aufklärung der Härtefrage von Bedeutung sein können.

Wenn ich es schliesslich versuche, meine Vorstellungen über die Lösungserscheinungen der Krystalle in einer Reihe von Sätzen

---

[1] l. c. Fig. 28 und pag. 39 und 151.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zu formuliren, so gebe ich dieselben mit aller Reserve, wohl wissend, dass die bekannten Thatsachen zu einer allseitig sicheren inductiven Begründung derselben nicht hinreichen. Doch dürfte eine solche vorläufige Formulirung von Sätzen, behufs weiterer Prüfung von Nutzen sein.

1. Die Ätzerscheinungen an Krystallen beruhen hauptsächlich auf der Existenz von Lösungsflächen, welche Spaltungsflächen analog sind, mit denselben jedoch im Allgemeinen nicht zusammenfallen.

2. Analog, wie man eine von Spaltungsflächen begrenzte Krysfallform Spaltungsgestalt, kann man eine von Lösungsflächen begrenzte Krystallform Lösungsgestalt nennen.

3. Durch Ätzen von Krystallflächen können erhabene Ecken entstehen, welche entweder von den eigentlichen Lösungsflächen begrenzt sind oder aber von secundären Flächen, welche durch combinirtes Zusammenwirken der lösenden Substanz nach verschiedenen Flächen der Lösungsgestalt entstehen. Erstere Ecken entsprechen der primären Lösungsgestalt; letztere kann man als secundäre Lösungsgestalten bezeichnen.

4. Nur die Flächen der primären Lösungsgestalt sind in aller Strenge krystallographisch mögliche Flächen mit einfachen rationalen Indices. Die secundären Lösungsflächen haben nicht nothwendig rationale Indices, doch kommen solche an denselben nicht selten vor. Es ist im Allgemeinen eine Tendenz nach Bildung von vielflächigen Ecken mit der Krystallsymmetrie entsprechenden Flächen vorhanden, und ausserdem liegen die hauptsächlichsten secundären Lösungsflächen in den Zonen der Kanten der primären Lösungsgestalten. Dies muss namentlich bei Krystallen des regulären Systemes die Bildung von secundären Flächen, welche sich solchen mit rationalen Indices annähern, begünstigen.

5. Wird eine Krystallfläche geätzt, welche einer Lösungsfläche entspricht, so entstehen auf derselben zwar sehr leicht Ätzfiguren, aber nur sehr selten erhabene Lösungsgestalten. Es wäre sogar möglich, dass auf ganz reinen Lösungsflächen überhaupt niemals erhabene Lösungsgestalten entstehen.

6. Die (vertieften) Ätzfiguren verdanken ihre Entstehung einem local begrenzten, besonders intensiven Lösungsprocesse. Auf amorphen, isotropen Körpern (Glas) sind die Ätzfiguren muldenförmig und von kreisförmigem Umrisse.

7. Die Ätzfiguren zerfallen in langsam sich entwickelnde (retardirte), welche erst im Laufe von einer oder mehreren Minuten ihre volle Ausbildung erlangen, und in rasch sich entwickelnde (instantane), welche in wenigen Secunden ihre definitive Form und Grösse erreichen. Beiderlei Arten sind durch Übergänge verbunden.

8. Die Form der Ätzfiguren hängt mehr von der Geschwindigkeit ihrer Entwicklung, als von der Qualität des Ätzmittels ab, vorausgesetzt, dass bei der Variation der Ätzmittel nur solche gewählt werden, welche voraussichtlich analoge Zersetzungsprocesse hervorrufen (z. B. verschiedene Säuren beim Kalkspathe). Ätzmittel, welche wesentlich differente Zersetzungen hervorrufen, dürfen mit einander nicht verglichen werden, da diesen voraussichtlich verschiedenartige primäre Lösungsflächen zukommen werden (z. B. Flusssäure und Ätzkali bei Silicatätzungen).

9. Die Geschwindigkeit der Entwicklung der Ätzfiguren lässt sich durch Variation der Concentration und Temperatur des Ätzmittels beeinflussen.

10. Die Umrissformen der instantanen Ätzfiguren hängen in erster Linie von der chemischen Härtecurve (Löslichkeitscurve) der geätzten Krystallfläche ab; sie stehen daher in einem, in gewissem Sinne, analogen Zusammenhange mit den primären Lösungsflächen, wie eine mechanische Härtecurve mit den Spaltungsflächen.

11. Die Anordnung der Minima der chemischen Härtecurve einer Krystallfläche bleibt für qualitativ verschiedene, aber vergleichbare Lösungsmittel (z. B. verschiedene Säuren beim Kalkspathe) dieselbe, da die primären Lösungsflächen stets dieselben sind. Die numerischen Verhältnisse der Minima können aber nach Temperatur und Concentration eines Lösungsmittels sich wahrscheinlich ändern, wodurch sich die Mannigfaltigkeit instantaner Ätzfiguren erklären würde.

12. Ausgesprochen retardirte Ätzfiguren zeigen im Allgemeinen eine Ähnlichkeit des Umrisses mit dem Umrisse der auf die geätzte Fläche projicirt gedachten Lösungsgestalt. Das Mass dieser Ähnlichkeit hängt aber von den besonderen Umständen ab, unter welchen die Lösungsflächen auf der geätzten Fläche einschneiden. Die grösste Ähnlichkeit des Umrisses resultirt wohl,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wenn vier, je paarweise gleichgeneigte Flächen in der geätzten Fläche in zwei auf einander senkrechten Linien sich durchschneiden (Rechteck oder Quadrat). Eine grosse Ähnlichkeit des Umrisses resultirt ferner, wenn drei unter nicht sehr spitzen Winkeln sich kreuzende Lösungsflächen auf der geätzten Fläche einschneiden. Ungünstiger ist dagegen der Fall, wenn vermöge der Lage der Lösungsflächen ausgesprochene singuläre, oder in zwei entgegengesetzten Richtungen einer Linie gelegene, chemische Härteminima (Löslichkeitsmaxima) in der geätzten Fläche vorhanden sind. Dies kommt vor, wenn zwei gleichgeneigte, in einer Zone mit der geätzten Fläche gelegene Lösungsflächen einschneiden, welche von einer schief geneigten dritten Lösungsfläche in der geätzten Fläche senkrecht durchschnitten werden (Spaltungsfläche des Kalkspathes) oder wenn die Richtung der Durchschnittslinie der gleichgeneigten Doppelfläche von einer oder mehreren senkrecht einschneidenden Lösungsflächen unter spitzen Winkeln gekreuzt wird (Deuteroprismenfläche des Kalkspathes, Basis- und Makropinakoid des Aragonites, Dodekaëderfläche des Bleiglanzes). In allen diesen Fällen zeigt sich eine Zuspitzung der Ätzfigur in den Richtungen der voraussichtlichen Maxima der Löslichkeit der Fläche (= Minima der chemischen Härtecurve), durch welche Zuspitzung die Ähnlichkeit des Umrisses der Ätzfigur mit dem Umrisse der Projection der Lösungsgestalt aufgehoben oder wenigstens theilweise gestört wird.

13. Die Flächen der Ätzfiguren entsprechen nur in seltenen Fällen primären Lösungsflächen. Bei Ätzfiguren regulärer Krystalle folgen die Flächen zum Theil ähnlichen Gesetzen, wie die Flächen der secundären Lösungsgestalten. Viele Ätzfiguren nicht regulärer Krystalle zeigen aber stark gekrümmte Flächen und neben einspringenden, auch erhabene Kanten. Dies lässt sich mit Rücksicht auf die Abhängigkeit der Ätzfiguren von der chemischen Härtecurve begreifen, schwer aber erklären, wenn man die Ätzfiguren als vertiefte Abdrücke von Krystallgestalten auffassen will.

14. Um die Thatsache zu erklären, dass die Ätzfiguren stets der Symmetrie der geätzten Fläche entsprechen, genügt die Annahme nicht, es sei ein Minimum der chemischen Cohäsion in den Normalen der Lösungsflächen vorhanden. Es muss vielmehr zur Erklärung der Ätzfiguren auf hemisymmetrischen Krystallen

noch angenommen werden, dass die Bewegungsrichtung eines in der Lösungsfläche gegen eine Krystallfläche anprallenden Moleküles der lösenden Substanz einen verschiedenen Effect bedinge, je nachdem diese Bewegungsrichtung in der Lösungsfläche orientirt ist. Auch die verschiedene Löslichkeit verschiedener Krystallflächen kann nur durch diese Annahme, nicht aber dadurch erklärt werden, dass die Löslichkeit nur von den Richtungen der Combinationskanten und den Neigungen der Lösungsflächen zur geätzten Fläche abhänge.

Fortsetzung des Verzeichnisses der zur Untersuchung benützten Kalkspathkrystalle.

(Vergl. Seite 450 der ersten Abhandlung.)

L. ∞R, $\infty P2$, $R3$, $4R$, $\frac{5}{2}R$, R, $-\frac{1}{2}R$, Hod Barrow-Mine in Cumberland. Wasserhelle Krystalle von 2—15 Mm. Länge und bis zu 5 Mm. Dicke. Vorherrschend ∞R, $R3$ und $-\frac{1}{2}R$. ∞R uneben, mit unregelmässigen Gruben, $\infty P2$ schmal, stellenweise ganz glatt und glänzend, meistens aber etwas rauh und nach R gestreift. $R3$ theils glänzend, theils matt und grubig. $4R$ sehr kleine Flächen, nicht ganz glatt, mit strichartigen Furchen in der Klinodiagonale. $\frac{5}{2}R$ ganz schmale Abstumpfung der stumpfen Polkante von $R3$. — $\frac{1}{2}R$ gebogen, grob gestreift nach R.

M. $13R$, $-\frac{7}{2}R$, $R\frac{19}{15}$, R. Angeblich von Böhmisch-Brod. Kurze säulenartige, nur schwach getrübte Krystalle bis zu 5—10 Mm. Dicke. Die Krystalle machen fast den Eindruck der Combination des Protoprismas mit dem Grundrhomboëder. $13R$ rauh, $-\frac{7}{2}R$ glatt glänzend, $R\frac{19}{15}$ glatt glänzend.

N. $R3$, $-2R$. Bleiberg in Kärnthen. Milchig trübe Krystalle bis zu 10 Mm. Länge. $R3$ vorherrschend, meistens rauh, stellenweise, namentlich gegen die Spitzen hin, aber ganz glatt. — $2R$ schmale Abstumpfung der scharfen Polkanten von $R3$.

O. $-4R$, $4R$, R. Eisenerz in Steiermark. Halb durchscheinende, drusenförmig angeordnete Krystalle bis zu 8 Mm. Länge, $-4R$ vorherrschend, matt, mit zahlreichen kleinen Gruben, $4R$ und R schmal, ebenfalls matt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tafelerklärung.

Sämmtliche Ätzfiguren sind, mit Ausnahme der in Fig. 52 dargestellten, nur als Contourzeichnungen wiedergegeben. An einigen complicirteren Figuren, wie z. B. 92, 93, 94 etc., sind die Contouren der am stärksten geneigten Flächen dunkler gehalten als diejenigen der nur wenig geneigten Flächen. Alle Figuren sind mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet.

Tafel I.

Fig. 1. *A.* Projection des zur Hälfte in die Fläche des Spaltungsrhomboëders eingetieften Lösungsrhomboëders — $2R$.

B. Muthmassliche chemische Härtecurve der Spaltungsfläche für Säuren. ac kleinstes Minimum, bc mittleres Minimum, de und $d'c$ grösste Minima. ec, $e'c$ und fc, $f'c$ Maxima. Das Nähere im Texte Seite 20 u. f.

(Sämmtliche folgende Figuren dieser Tafel stellen mit Ameisensäure auf der Spaltungsfläche hervorgerufene Ätzfiguren dar.)

2 und 3. Concentrirte Ameisensäure (1·2 sp. G.) *a* nach 10 Secunden, *b* nach 1 Minute, *c* nach 1½ Minuten. Vergr. 160.

4. Concentrirte Ameisensäure. Verschiedene Formen von Ätzfiguren. Entwicklungsdauer unbestimmt. *e* häufigste Form, *a*—*d* etwas seltener. Vergr. 160.

5. Eintauchen in kochende, concentrirte Ameisensäure. Vergr. 160.

6. Betupfen mit kochender, concentrirter Ameisensäure. *a* von der Mitte, *b* von der Peripherie des ätzenden Tropfens. Vergr. 160.

7. Betupfen mit kochender, concentrirter Ameisensäure. Vergr. 500.

8. 50% der concentrirten Ameisensäure. Dauer der Einwirkung unbestimmt. Vergr. 160.

9. Betupfen mit kochender, 50% Ameisensäure. *a* nach 2 Secunden, *b* nach 3 Secunden. Vergr. 160.

10. Betupfen mit kochender, 50% Ameisensäure. Dauer der Einwirkung unbestimmt. Verschiedene Formen von Ätzfiguren. Vergr. 160.

11. Eintauchen in kochende, 50% Ameisensäure. Vergr. 160.

12. Betupfen mit 30% Ameisensäure. Vergr. 160.

13. Betupfen mit kochender, 30% Ameisensäure. Vergr. 160.

14. Eintauchen in kochende 30% Ameisensäure. Vergr. 160.

15. Längere Einwirkung von 10% Ameisensäure. *a* instantane, *b* retardirte Ätzfigur. Vergr. 500.

Tafel II.

(Sämmtliche Ätzfiguren dieser Tafel gehören der Spaltungsfläche an. Fig. 16—28 Essigsäure, Fig. 29 Picrinsäure, Fig. 30—36 Salpetersäure.)

Fig. 16. Gruppe von Ätzfiguren. Mit 20% der käuflichen, concentrirten Essigsäure dargestellt. Vergr. 500.

17. Betupfen mit käuflicher, concentrirter Essigsäure. Vergr. 160.

18 und 19. Ebenso. Vergr. 500.

20. Erst Betupfen mit Eisessig (welcher keine Ätzfiguren erzeugt), dann Wasserzusatz, wodurch die abgebildeten Figuren entstanden. Vergr. 500.

21. 50% Eisessig. Vergr. 160.

22. 33%

23. 25% *a* häufigste Form.

24. 20% *b* „

25. 11% „ *a* „

26. 9% „ „ „ *a* „ „

27. 50% der käuflichen, concentrirten Essigsäure. Vergr. 500.

28. Kochende, concentrirte Essigsäure. Vergr. 500.

29. Kalt gesättigte Lösung von Picrinsäure. Dauer der Einwirkung circa 20 Secunden. Vergr. 160.

30. Concentrirte Salpetersäure. *a* momentan, *b* 1 Secunde, *c* 3 Secunden, *d* Zeitdauer unbestimmt. Vergr. 160.

31. 20% Salpetersäure. *a* und *b* momentan, *c* 2—3 Secunden, *d* 6 Secunden. Vergr. 160.

32. 10% Salpetersäure. *a* momentan, *b* einige Secunden, *c* Zeitdauer unbekannt. Vergr. 160.

33. 5% Salpetersäure.

34. 3%

35. 2% „ *a* 16 Secunden, *b* 45 Secunden.

36. Entwicklung einer Ätzfigur mit Salpetersäure. Concentration unbekannt. Die Aufeinanderfolge der Formen direct beobachtet. Die Contouren der einzelnen Figuren aber nach fixirten Präparaten gezeichnet.

37. Diagramm zur Erläuterung der Abhängigkeit der Richtungen der vertieften Kanten von der Geschwindigkeit des Fortschreitens der Ätzfigur nach vor- und rückwärts. Das Nähere im Texte Seite 24.

Tafel III.

(Sämmtliche Ätzfiguren dieser Tafel gehören der Spaltungsfläche an. Fig. 38—46 Salzsäure, Fig. 47—52 Phosphorsäure, Fig. 53—56 Schwefelsäure, Fig. 57—60 Chromsäure.)

Fig. 38. Concentrirte, käufliche Salzsäure. Kurze Einwirkung. Vergr. 160.

39. Concentrirte, käufliche Salzsäure. *a* momentan, *b* circa 2 Secunden. Vergr. 160.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 40. 50% käufliche, concentrirte Salzsäure. *a* momentan, *b* 2 Secunden, *c* 4 Secunden. Vergr. 160.
41. 40% Salzsäure. *a* momentan, *b* 4 Secunden, *c* 7 Secunden. Vergr. 160.
42. 10% Salzsäure. Kurze Einwirkung. *b* häufigste Form. Vergr. 160.
43. 5% Salzsäure. *a* Kurze Einwirkung, *b* mehrere Secunden. Vergr. 160.
44. 2½% Salzsäure. *c* und *d* häufigste Formen. Vergr. 160.
45. 2% Vergr. 160.
46. 1% „ „ „ Längere Einwirkung.
47. Concentrirte, käufliche Phosphorsäure. Kurze Einwirkung. Häufigste Formen. Vergr. 160.
48. Concentrirte, käufliche Phosphorsäure. Seltenere Formen. Vergr. 160.
49. 20% concentrirte käufliche Phosphorsäure. Zeitdauer unbekannt. Vergr. 160.
50. 10% Phosphorsäure. *a* 3 Secunden, *b* 15 Secunden, *c* 30 Secunden. Vergr. 160.
51. Phosphorsäure. Präparat unter dem Deckglase geätzt. Concentration unbekannt. Vergr. 160.
52. Ebenso nach längerer Einwirkung. Gruppe von falschen Lösungsgestalten, wie sie durch Ineinandergreifen von Ätzfiguren, welche anfänglich die Formen der Figuren 50 und 51 hatten, entstanden sind.
53. Circa 6%, käufliche, concentrirte, englische Schwefelsäure. (1 Theil Säure zu 16 Theilen Wasser.) Zeitdauer unbestimmt. *a* Vergr. 500, *b* und *c* 160.
54. Schwefelsäure, sehr verdünnt. Vergr. 300.
55. 6% Schwefelsäure erwärmt. Vergr. 500.
56. Mit concentrirter Schwefelsäure betupft, dann mit Wasser gewaschen. Vergr. 500.
57. Concentrirte Chromsäurelösung. *a* momentan, *b* 3 Secunden, *c* 6 Secunden. Vergr. 500.
58. Chromsäure etwas verdünnt. Vergr. 160.
59. 2% Chromsäure erwärmt. Krystall eingetaucht. Vergr. 160.
60. ½% Chromsäure. Vergr. 500.

Tafel IV.

(Fig. 61—69 Basis, 70—72 $-\frac{1}{2}R$, 73—88 $-2R$.)

Fig. 61. $+R$, R, R. Basis mit den Combinationskanten des Grundrhomboëders. *a' b' d'* vertiefte Ecke eines negativen Rhomboëders, *e f g* mögliche chemische Härtecurve der Basis des Kalkspathes (in Bezug auf Säuren. (Vergl. Text, Seite 787.) 61 *A*, mechanische Härtecurve der Basis des Kalkspathes (Copie nach F. Pfaff).
62. Ätzfiguren auf einer künstlich angeschliffenen Basis an einem Krystalle der Stufe *D* mit concentrirter Salpetersäure. Vergr. 500.
63. Auf einer künstlich angeschliffenen Basis des i. Doppelspathes. Concentrirte Salpetersäure.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

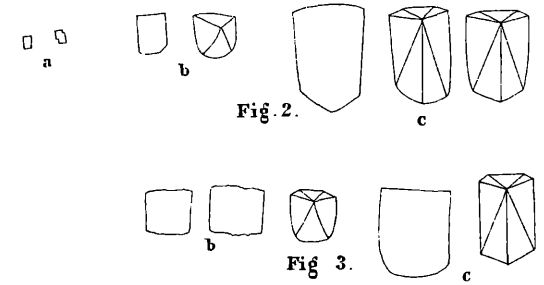


Fig. 2.

Fig 3.

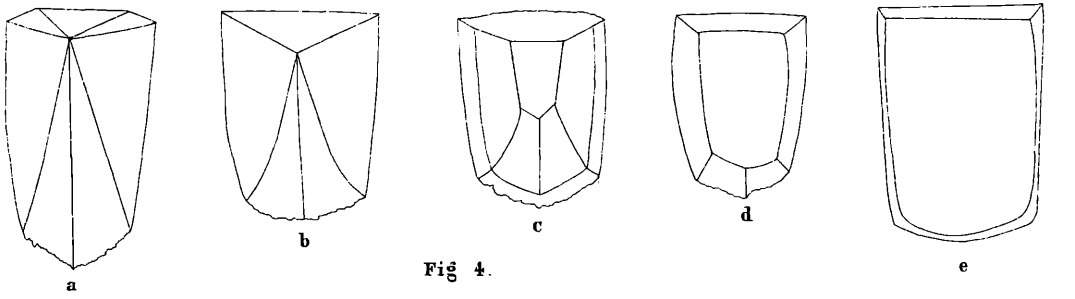


Fig 4.

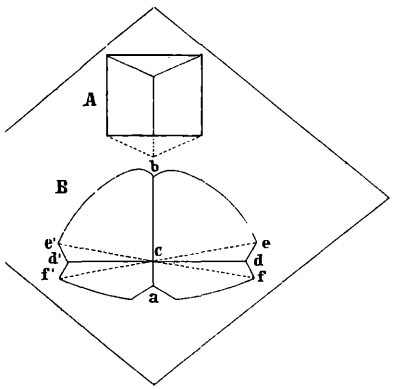


Fig. 1.

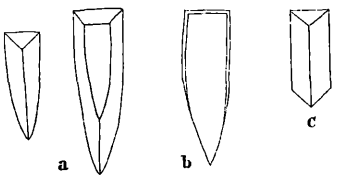


Fig 5.

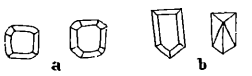


Fig. 6.

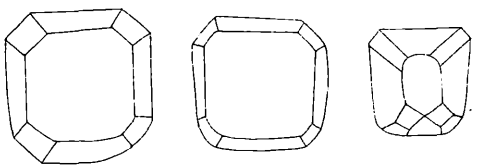


Fig 7.

Fig. 9.

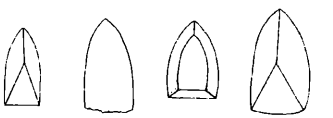


Fig. 12.

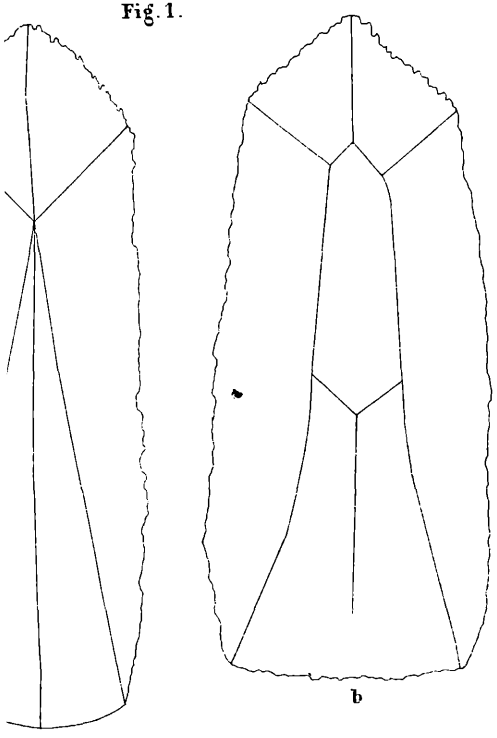


Fig. 8.

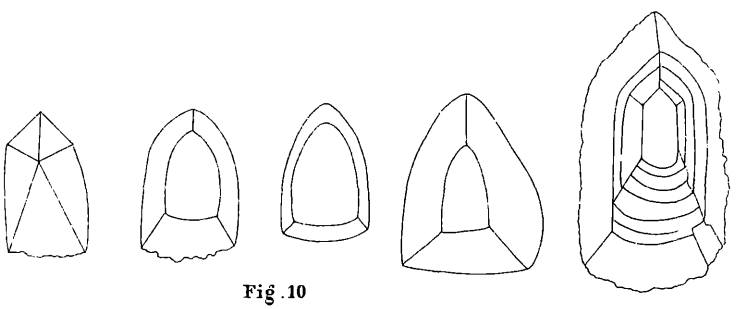


Fig. 10

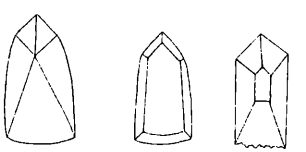


Fig. 13.

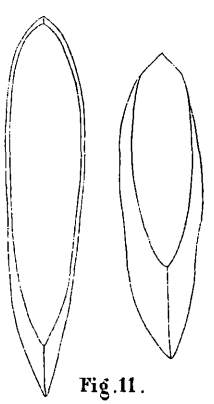


Fig. 11.

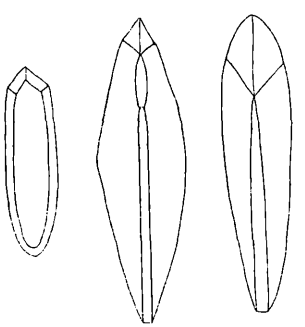


Fig. 14.

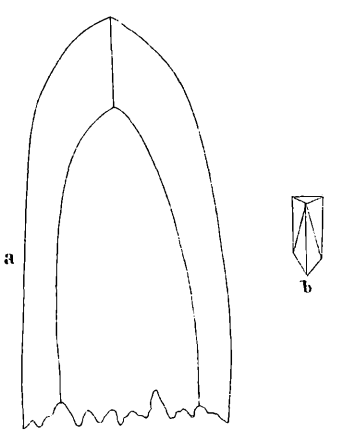


Fig. 15

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

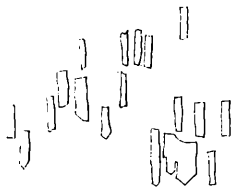


Fig. 16.

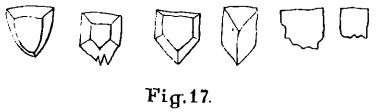


Fig. 17.

Fig. 21.

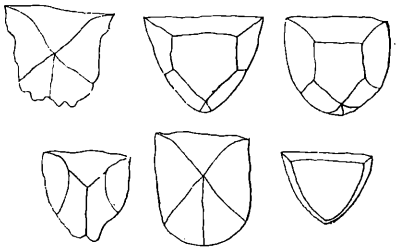


Fig. 18.

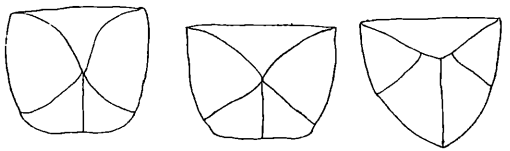


Fig. 19.

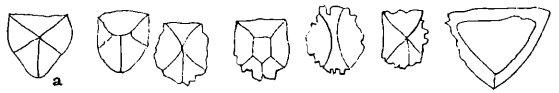


Fig. 23.

Fig. 20.

Fig. 22.

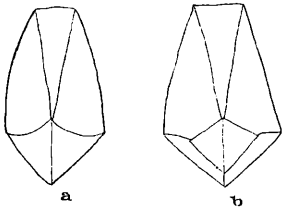


Fig. 25.

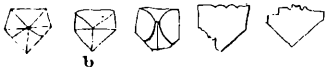


Fig. 24.

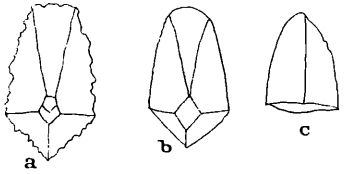


Fig. 26.

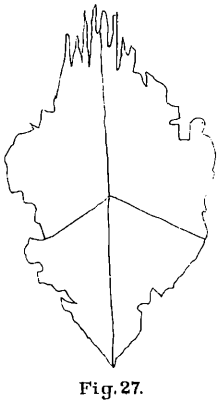


Fig. 27.

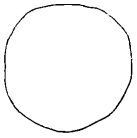


Fig. 28.

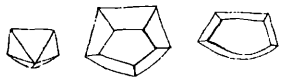


Fig. 29.

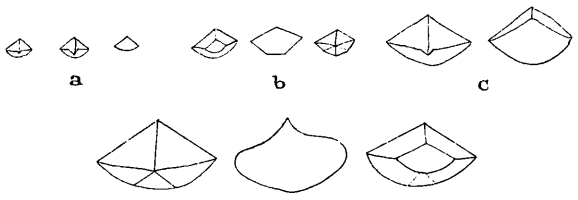


Fig. 30.

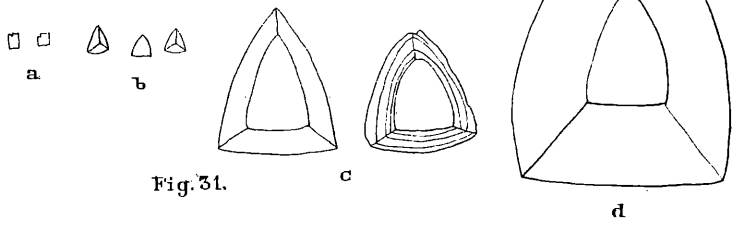


Fig. 31.

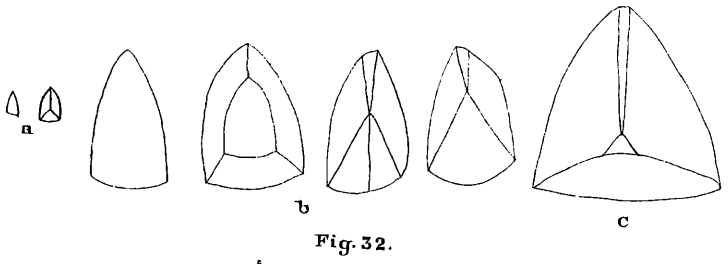


Fig. 32.

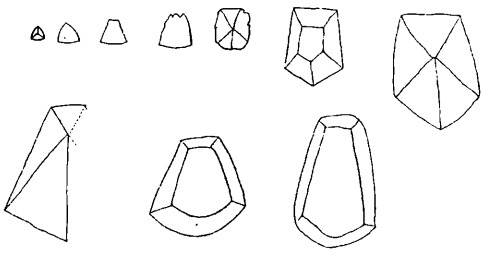


Fig. 33.

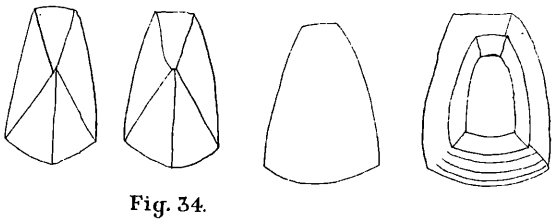


Fig. 34.

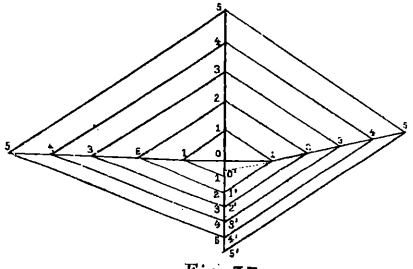


Fig. 37

Fig. 35.

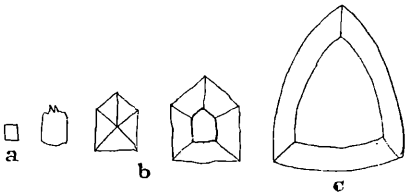


Fig. 36.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

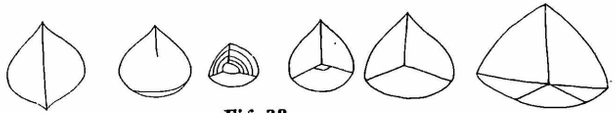


Fig. 38.

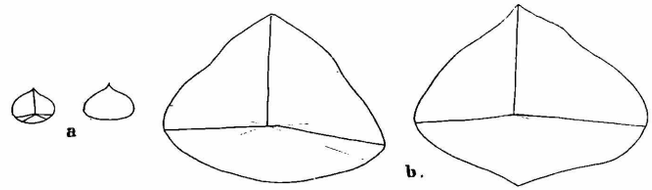


Fig. 39.

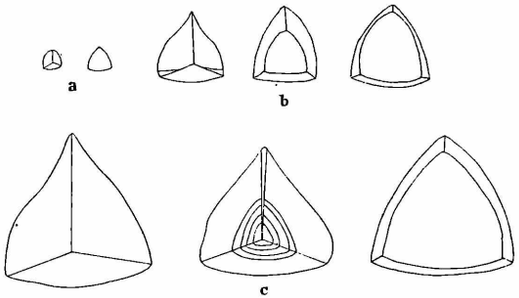


Fig. 40.

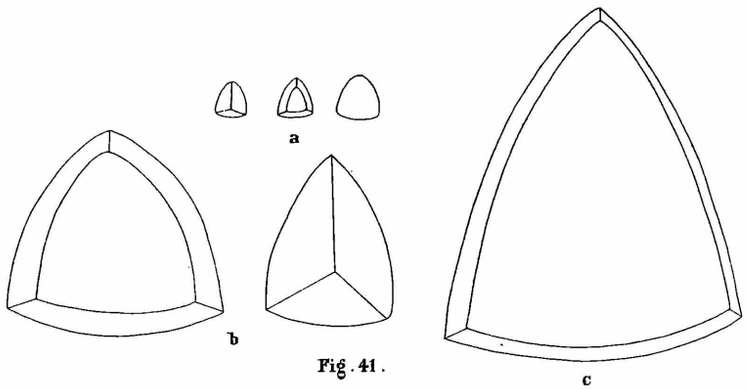


Fig. 41.

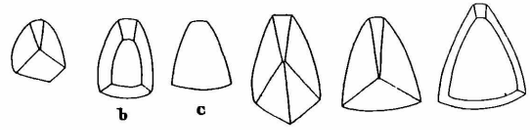


Fig. 42.

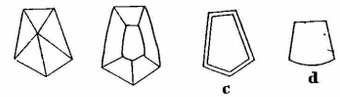


Fig. 44.

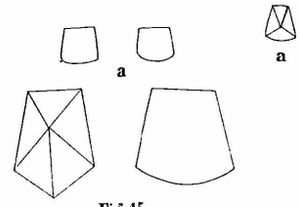


Fig. 45.

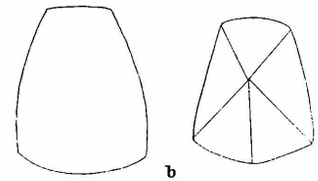


Fig. 43.

Fig. 47.

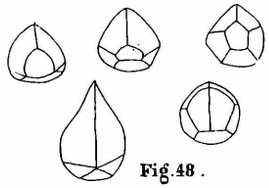


Fig. 48.

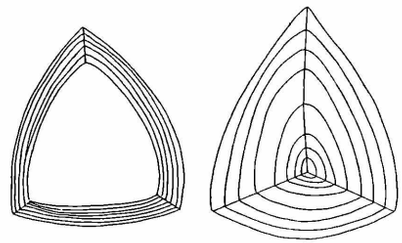


Fig. 49.

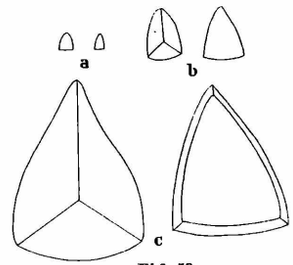


Fig. 50.

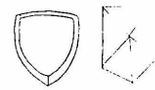


Fig. 46.

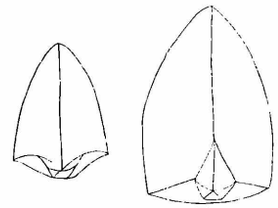


Fig. 51.

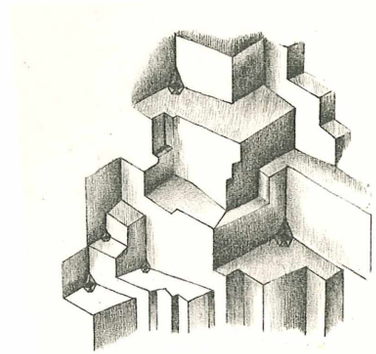


Fig. 52.

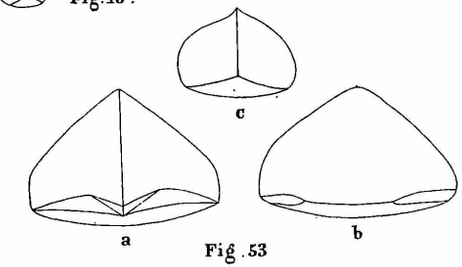


Fig. 53.

Fig. 56.

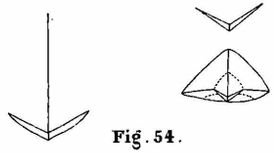


Fig. 54.

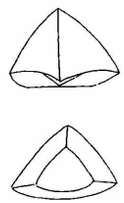


Fig. 55.

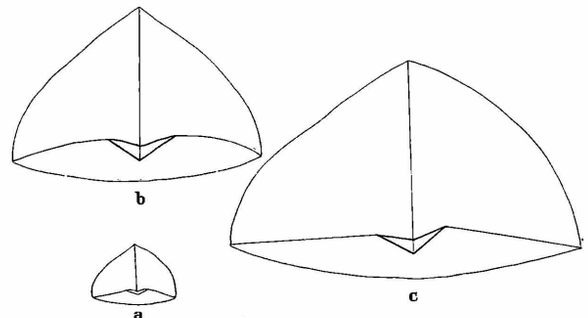


Fig. 57.

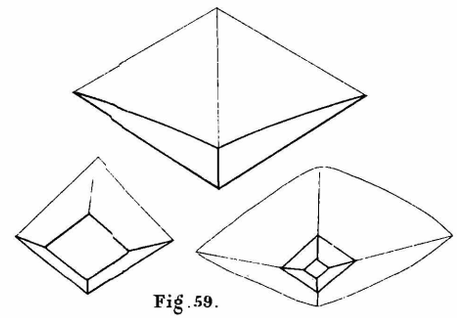


Fig. 59.

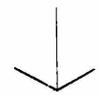


Fig. 58.

Fig. 60.

v. Ebner del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

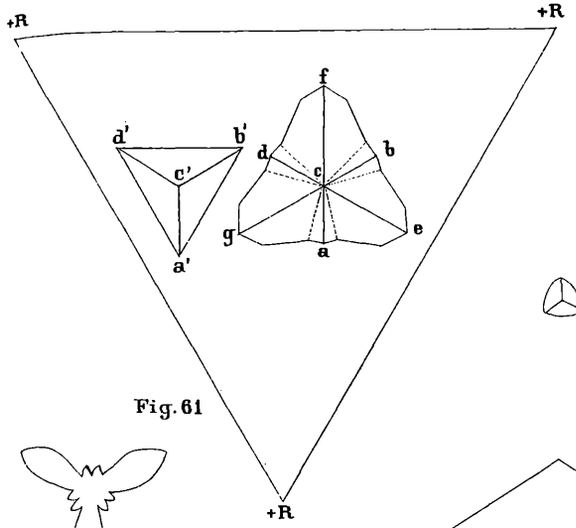


Fig. 61

Fig. 61,A

Fig. 62

Fig. 63

Fig. 64

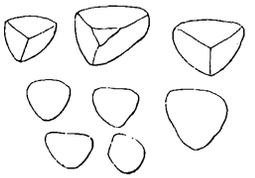


Fig. 65.

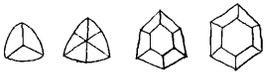


Fig. 66

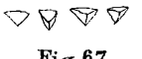


Fig. 67

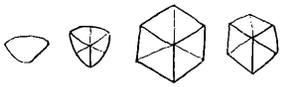


Fig 68

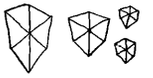


Fig. 69

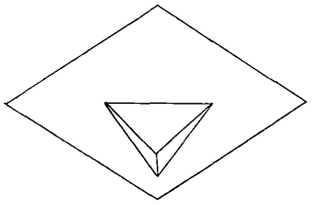


Fig. 70

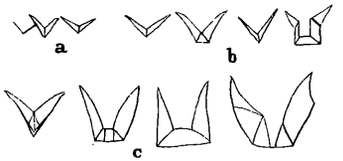


Fig. 71

Fig. 72

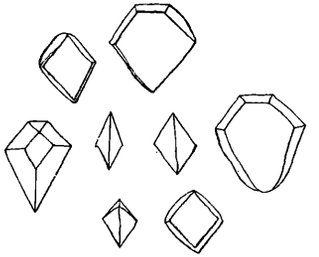


Fig. 78

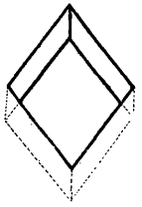


Fig. 73

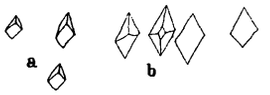


Fig. 75

Fig. 77

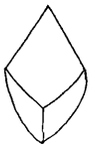


Fig. 76

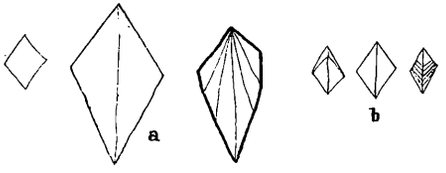


Fig. 74

Fig. 80

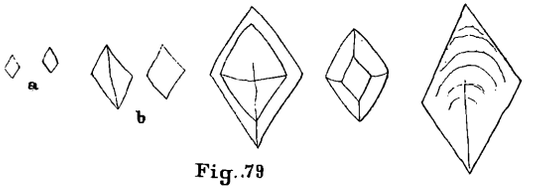


Fig. 79

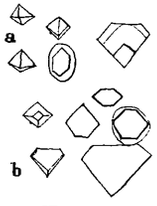


Fig. 84

Fig. 81

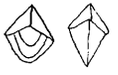


Fig 82

Fig. 83

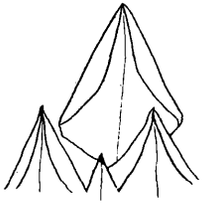


Fig. 88

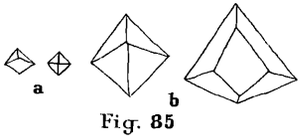


Fig. 85

Fig. 86

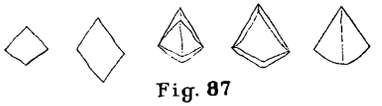


Fig. 87

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

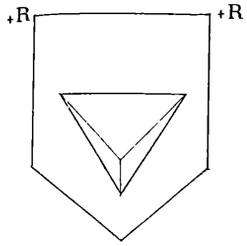


Fig.89.

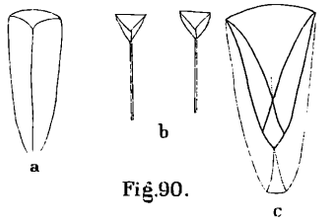


Fig.90.

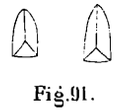


Fig.91.

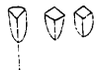


Fig.96.

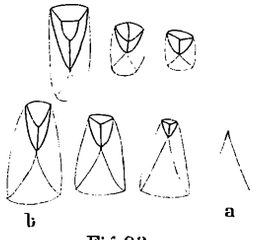


Fig.92.

Fig.93.

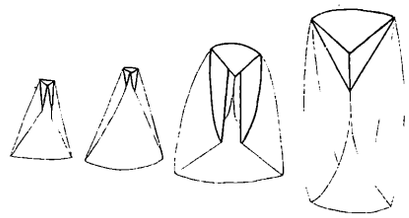


Fig 94.

Fig.95.

Fig.97.

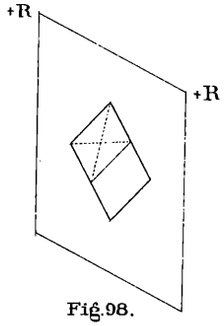


Fig.98.

Fig.99.

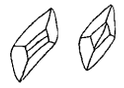


Fig.100.

Fig.104.

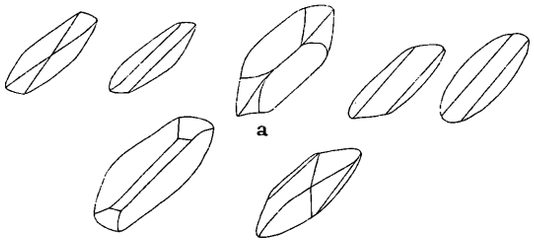


Fig.101.

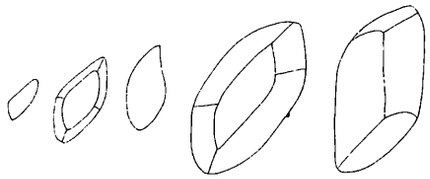


Fig.102.

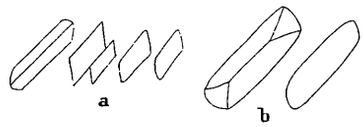


Fig.103.

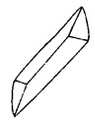


Fig.105.

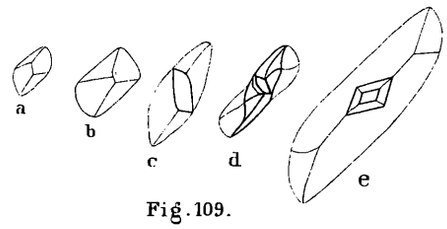


Fig.109.

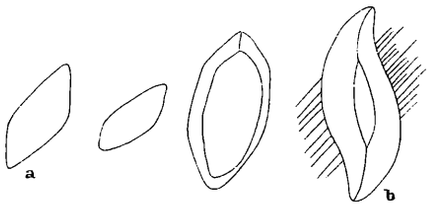


Fig.106.

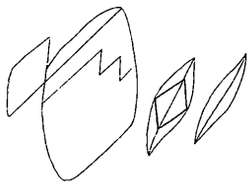


Fig.107.

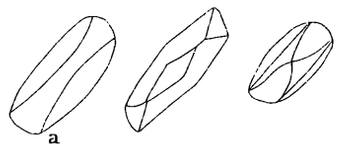


Fig.108.

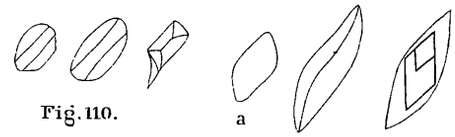


Fig.110.

Fig.111.

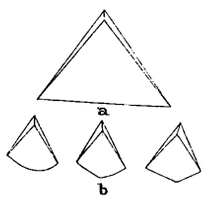


Fig.112.

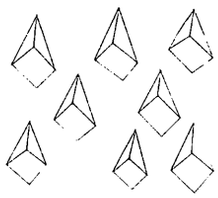


Fig.113.

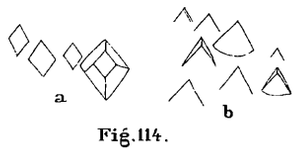


Fig.114.

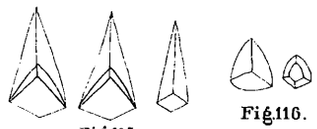


Fig.115.

Fig.116.

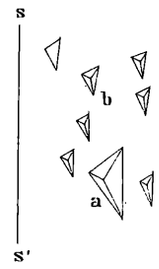


Fig.117.

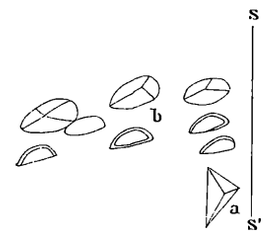


Fig.118.

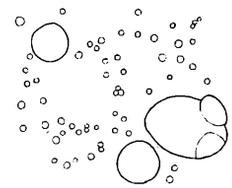


Fig.119.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

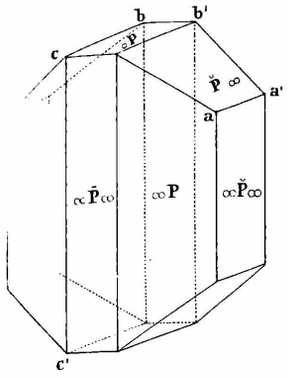


Fig 120

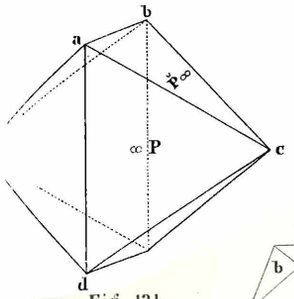
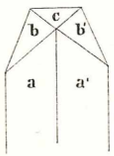


Fig. 121.



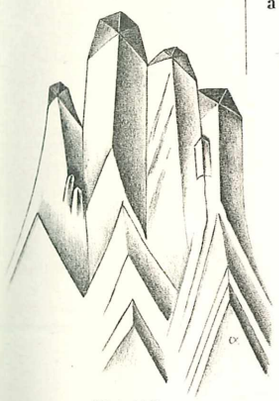


Fig. 127.

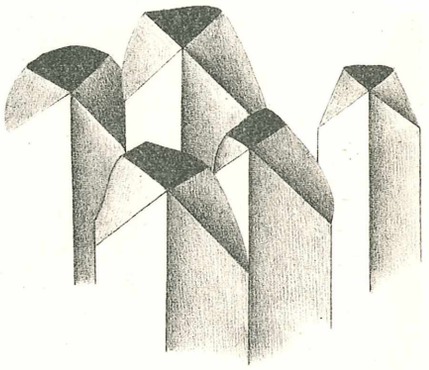


Fig. 128.

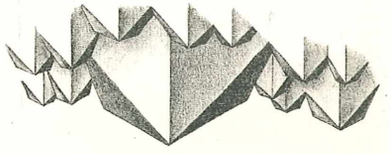
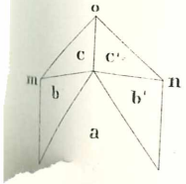


Fig. 132.



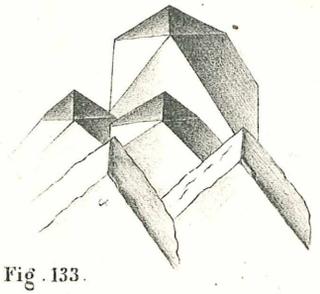


Fig. 133.

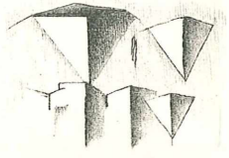
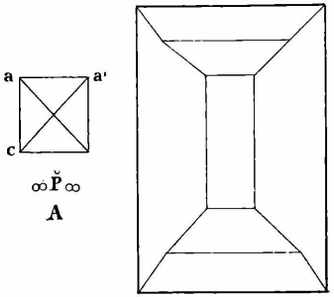


Fig. 134.



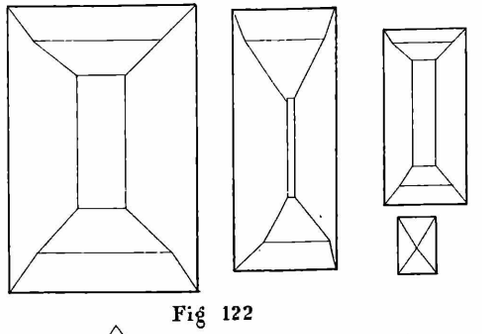
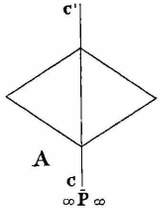


Fig 122



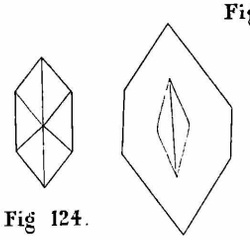
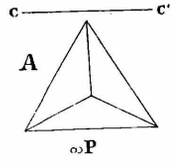
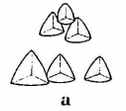


Fig 124.





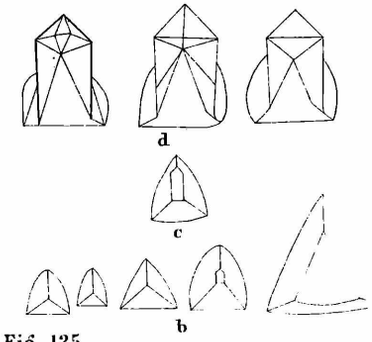
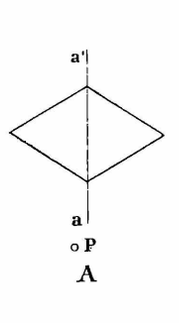


Fig 125



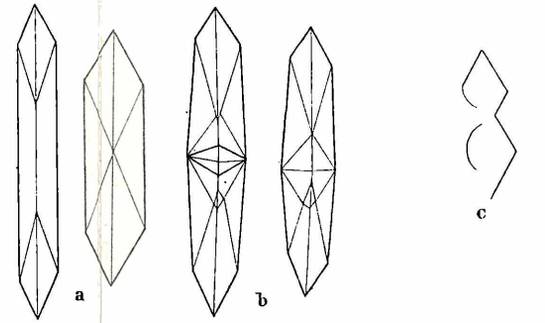


Fig 123

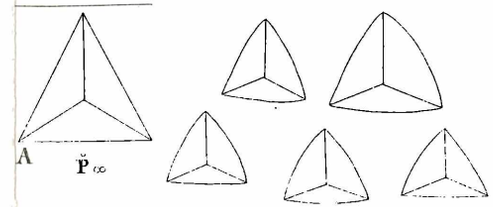


Fig. 126.

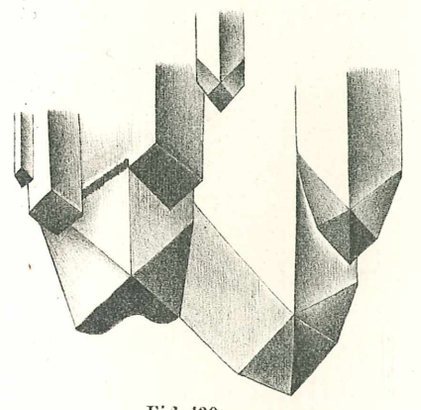


Fig. 129.

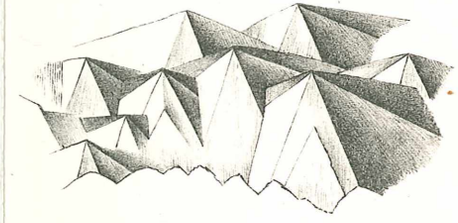


Fig. 130.

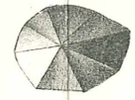


Fig. 131.

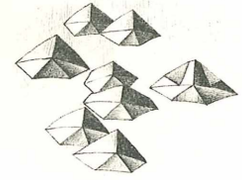


Fig. 136.

Fig. 137.

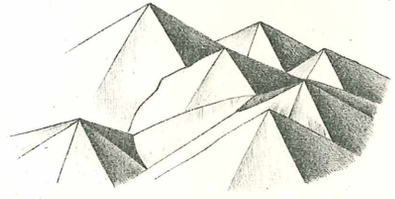


Fig. 135.

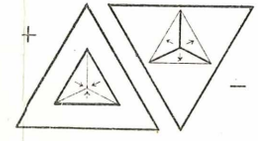


Fig. 138.

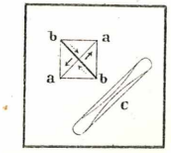


Fig. 139.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 64. Ebenso, mit 10% Salpetersäure nach circa 10 Secunden.
65. Ebenso mit 5% Salpetersäure nach circa 30 Secunden. Vergr. 500.
66. Auf einer polirten, natürlichen Basis der Stufe *F.* Mit circa 35% Salzsäure.
67. Auf einer künstlich angeschliffenen Basis eines Krystalles der Stufe *H.* Mit 20% Phosphorsäure. Vergr. 160.
68. Auf einer natürlichen, polirten Basis eines Krystalles der Stufe *F.* Mit 20% Phosphorsäure. Vergr. 500.
69. Ebenso.
70. Vertiefte Ecke des Rhomboëders $-2R$ auf der Fläche $-\frac{1}{2}R$.
71. Ätzfiguren auf der natürlichen Fläche $-\frac{1}{2}R$ eines Krystalles der Stufe *D.* Mit 20% Phosphorsäure. *a* kurze Ätzung, *b* und *c* länger dauernde Ätzung.
72. Ebenso. Mit 40% Salzsäure. Vergr. 200.
73. Projection des Rhomboëders $-2R$ auf seine eigene Fläche.
(Fig. 74—88 Ätzfiguren auf natürlichen Flächen des Rhomboëders $-2R$ sämmtlich von der Stufe *C.*)
74. Concentrirte Ameisensäure. *a* längere, *b* kurze Ätzung. Vergr. 160.
75. Ebenso nach 20 Secunden dauernder Ätzung. *a* häufige, *b* seltenere Formen. Vergr. 500.
76. 50% Ameisensäure. Vergr. 500.
77. 30% „ 160.
78. 30% „ 500.
79. Käufliche, concentrirte Essigsäure. *a* nach 20 Secunden, *b* nach $1\frac{1}{3}$ Minuten, *c* nach 3 Minuten. Vergr. 500.
80. Käufliche, concentrirte Salpetersäure. Momentan. Vergr. 500.
81. 20% Salpetersäure. Vergr. 500.
82. 10% „ „ 500.
83. 40% käuflicher Salzsäure. Nach circa 2 Secunden. *a* Vergr. 500, *b* Vergr. 160.
84. Concentrirte, käufliche Phosphorsäure. Kurze Einwirkung. *a* und *b* häufigste Formen, die übrigen seltener.
85. 20% Phosphorsäure. *a* kurze, *b* längere Ätzung. Vergr. 200.
86. 10% Phosphorsäure.
87. Concentrirte Chromsäure. Nach etwa 4 Secunden. Vergr. 500.
88. Ebenso nach längerer Ätzung.

Tafel V.

(Fig. 89—97 ∞R, 98—111 $\infty P2$, 112—116 $-4R$, 117—118 $R3$, 119 Glas.)

Fig. 89. Vertiefte Ecke des Lösungsrhomboëders $-2R$ auf der I. Prismenfläche. $+RR$ Combinationskante des Grundrhomboëders.
Fig. 90—97 Ätzfiguren auf natürlichen Protoprismenflächen des Kalkspathes, grösstentheils von Krystallen der Stufe *E.*
90. Concentrirte Ameisensäure. *a* Wenige Secunden, *b* etwa 15 Secunden, *c* längere Ätzung. Vergr. 500.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 91. Concentrirte Essigsäure. Kurze Einwirkung.
92. Concentrirte käufliche Salpetersäure. Vergr. 160.
93. Verdünnte Salpetersäure.
94. 40% Salzsäure, circa 4 Secunden. Vergr. 500.
95. Concentrirte Phosphorsäure. Vergr. 500.
96. 20% Phosphorsäure. Vergr. 160.
97. Concentrirte Chromsäure.
98. Projection des Lösungsrhomboëders $-2R$ auf die Deuteroprismenfläche. $+RR$ Combinationskante des Grundrhomboëders.

Fig. 99—111. Ätzfiguren auf den natürlichen Deuteroprismenflächen von Krystallen der Stufe *L* mit Ausnahme der Fig. 103 und 105. Sämmtliche Ätzfiguren sind so gestellt, dass sie der Deuteroprismenfläche der Fig. 98 entsprechen.

„ 99. Concentrirte Ameisensäure. Vergr. 160.
100. Ebenso. Nach etwa 12 Secunden. Neigung der langen Diagonale der Ätzfiguren zur Prismenkante, etwa 27°. Vergr. 500.
„ 101. Concentrirte Ameisensäure. Vergr. 500. Verschiedene Formen von Ätzfiguren.
102. Ebenso.
103. 50% Ameisensäure. Künstlich angeschliffene Fläche am Spaltungsrhomboëder. *a* Vergr. 160, *b* Vergr. 500.
„ 104. Concentrirte, käufliche Essigsäure. Ätzfiguren dicht gedrängt, daher ihre Contouren nicht sicher zu ermitteln. Die Diagonale bildet mit der Prismenkante einen Winkel von 63—65°.
105. Verdünnte Salpetersäure. Künstliche Fläche an einem Krystalle $-2R$ der Stufe *C*.
„ 106. Concentrirte Salpetersäure. Kurze Wirkung. *a* häufigste Figur, Vergr. 500.
„ 107. 40% Salzsäure. Vergr. 500.
108. Concentrirte Phosphorsäure. *a* häufigste Form nach kurzer Einwirkung.
„ 109. Ebenso nach längerer Ätzung. *a*, *b* häufig; *c*, *d*, *e* Ätzfiguren, in welchen sich secundär stark vertiefte, verwickelte Ätzflächen gebildet haben.
110. 20% Phosphorsäure.
111. Concentrirte Chromsäure. *a* häufigste Form.
„ 112. *a* Projection der vertieften Seitenecke des Lösungsrhomboëders auf die Fläche von $-4R$. *b* Ätzfiguren mit concentrirter Ameisensäure nach etwa $1^1/_2$ Minuten auf einer Fläche $-4R$ der Stufe *D*. Vergr. 160.
113. Ätzfiguren auf $-4R$ der Stufe *O* mit concentrirter Ameisensäure.
114. Ebenso.
115. Auf $-4R$ der Stufe *D* mit 20% Phosphorsäure.
116. Auf $-4R$ der Stufe *D* mit 20% Salpetersäure.
117. *a* Projection der vertieften Ecke des Lösungsrhomboëders auf die Fläche von $R3$. ss^1 scharfe Polkante von $R3$. *b* Ätzfiguren mit ver-

dünnter Salpetersäure auf der Fläche eines Krystalles der Stufe *N*. Vergr. 160.

Fig. 118. *a* Projection der vertieften Ecke des Lösungsrhomboëders auf die Fläche *R*3. *ss*' scharfe Polkante von *R*3. *b* Ätzfiguren auf der Fläche *R*3 eines Krystalles der Stufe *L* mit concentrirter Ameisensäure. Vergr. 160.

119. Gruppe von Ätzfiguren auf einer Glasplatte nach kurzer Einwirkung von schmelzendem Ätzkali. Vergr. 500.

Tafel VI.

(Fig. 120—136 Aragonit, 137—139 Zinkblende, zum Theil nach Becke copirt.)

Fig. 120. Schema eines Aragonitkrystalles mit den hauptsächlichsten untersuchten Flächen. Die Flächen rechts vorn mit den Naumann'schen Symbolen bezeichnet. *aa*' Richtung der Brachyaxe, *bb*' der Makroaxe, *cc*' der Hauptaxe.

121. Die muthmassliche primäre Lösungsgestalt des Aragonites ∞P, $\breve{P}\infty$.

122. *A* Projection der Lösungsgestalt auf das Brachypinakoid. Richtung der Brachyaxe, *ac* der Hauptaxe.

Ätzfiguren auf dem Brachypinakoid eines Krystalles von Horschenz nach längerer Ätzung mit concentrirter Ameisensäure. Vergr. 160.

123. *A* Projection des Prismas ∞P und der Richtung der Brachydomenkante (*aa*') auf die Basis.

Ätzfiguren auf der Basis mit concentrirter Ameisensäure. *a* auf einer künstlich angeschliffenen Basis eines Krystalles von Horschenz nach längerer Ätzung. Vergr. 160. *b* und *c* auf einer natürlichen Fläche eines Krystalles von Herrengrund. *b* längere Ätzung, *c* kurze Ätzung. Vergr. 460.

124. *A* Projection des Brachydomas $\breve{P}\infty$ und der Richtung der Prismenkante (*cc*') auf das Makropinakoid.

Ätzfiguren auf einem künstlich angeschliffenen Makropinakoid an einem Krystalle von Horschenz nach längerer Ätzung mit Ameisensäure. Vergr. 210.

125. *A* Projection der Lösungsgestalt (Fig. 121) auf die Prismenfläche ∞P. *cc*' stumpfe Prismenkante.

Ätzfiguren auf der natürlichen Prismenfläche eines Krystalles vom Banate mit concentrirter Ameisensäure. *a* nach etwa $^3/_4$ Minuten, *b*, *c*, *d* nach längerer Ätzung, wodurch sich aus den Dreiecken secundäre Fünfecke entwickeln. Vergr. 210.

126. *A* Projection der Lösungsgestalt (Fig. 121) auf die Brachydomenfläche $\breve{P}\infty$. *aa*' stumpfe Brachydomenkante.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

a Ätzfiguren nach minutenlanger Ätzung mit concentrirter Ameisensäure auf der natürlichen Brachydomenfläche $\breve{P}\infty$ eines Krystalles vom Banate. Vergr. 460.

(Sämmtliche Projectionen in Fig. 122—126 sind als projicirte Hohlformen zu denken.)

Fig. 127. Lösungsgestalten auf der künstlichen Basis eines Krystalles von Horschenz nach circa halbstündiger Ätzung mit concentrirter Ameisensäure. Bei α zuerst entstehende dreiflächige Ecken, weiter nach vorne die daraus hervorgehenden dachartigen Lösungsgestalten. Vergr. 460.

128. Wie 127. Gruppe grosser Lösungsgestalten. Brachydoma, *bb'* Pyramide, *c* Makrodoma.

129. Wie Fig. 127. Gruppe grosser Lösungsgestalten verschiedener Form. Links eine Combination von Brachy- und Makrodoma, darunter eine Gestalt wie in Fig. 128; rechts zwei Lösungsgestalten, bei welchen an Stelle der Makrodomenfläche zwei durch eine sehr stumpfe Kante getrennte Pyramidenflächen getreten sind.

(Fig. 127—129 sind entsprechend der Figur 123 *A* orientirt.)

130. Lösungsgestalten auf der künstlichen Basis eines Krystalles von Horschenz durch Ätzen mit 50% Ameisensäure dargestellt. (Vergl. Text, pag. 811.)

131. Eine Lösungsgestalt der Fig. 130 auf einer Makrodomenfläche projicirt, welche sowohl die Haupt- als Brachyaxe unter 45° schneidet.

132. Lösungsgestalten der Basis mit concentrirter Ameisensäure dargestellt und von der Form der Fig. 129 rechts, auf die Makropinakoidfläche projicirt. Der Contour der Spitzen entspricht daher dem Kantenwinkel des Brachydomas (*aa'*, Fig. 128), welcher in den abgebildeten Gestalten circa 115—118° betrug.

133. Lösungsgestalten mit concentrirter Ameisensäure auf der künstlichen Makropinakoidfläche eines Krystalles von Horschenz. α zuerst auftretende dreiflächige Ecken, weiter nach vorn complicirtere, daraus hervorgehende secundäre Lösungsgestalten. *mon* Kantenwinkel des Brachydomas. *a* Makropinakoid oder diesem nahestehendes Doma. *bb'* Pyramide mit langer Hauptaxe, *cc'* Pyramide.

134. Lösungsgestalten auf der künstlichen Basis eines Krystalles von Horschenz mit concentrirter Phosphorsäure. Vergr. 210.

135. Lösungsgestalten auf dem künstlichen Makropinakoid eines Krystalles von Horschenz mit concentrirter Phosphorsäure. Vergr. 210.

136. Lösungsgestalten auf einer künstlichen Makrodomenfläche, welche Haupt- und Brachyaxe unter Winkeln von nahezu 45° schneidet, mit concentrirter Phosphorsäure. Vergr. 210. (Vergl. Text, p. 813.)

Fig. 137. Lösungsgestalt (Ätzhügel) auf einer Dodekaëderfläche der Zinkblende. Copie nach F. Becke. (Vergl. Text, pag. 819.)

138. Diagramm zur Erläuterung der Ätzerscheinungen auf dem positiven und negativen Tetraëder der Zinkblende. (Vgl. Text, p. 819.)

139. Projection des positiven Tetraëders auf eine Würfelfläche der Zinkblende. *aa* Tetraëderkante auf der Würfelfläche anliegend, *bb* Tetraëderkante über der Würfelfläche liegend. *c* Ätzfigur der Würfelfläche der Zinkblende. Letztere copirt nach F. Becke. (Vergl. Text, pag. 820 u. 821.)

INHALT.

	Seite
Einleitung . .	760
VII. Capitel. Die Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche des Kalkspathes. Abhängigkeit der Formen von der Natur, Concentration und Temperatur der Säure . .	763
VIII. Capitel. Entwicklung der Ätzfiguren auf der Spaltungsfläche. Abhängigkeit der Form von der Geschwindigkeit der Entwicklung. Instantane und retardirte Ätzfiguren	770
IX. Capitel. Versuch einer Erklärung der Ätzfiguren der Spaltungsflächen. Chemische Härtecurve. Zusammenfassung der bisher gewonnenen Resultate . .	777
X. Capitel. Die Ätzfiguren der Basis, der Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ und $-2R$, der Prismen ∞R und $\infty P2$, sowie einiger anderer natürlicher Flächen des Kalkspathes .	785
XI. Capitel. III. Die Lösungsflächen des Aragonites .	801
XII. Capitel. Theoretische Schlussbetrachtungen und Thesen	816
Fortsetzung des Verzeichnisses der zur Untersuchung benutzten Kalkspathkrystalle	827
Tafelerklärung	828

Druckfehler in der ersten Abhandlung.

Seite 450, Zeile 6 von oben, lies isländischer statt inländischer.

18 $-\frac{11}{4}R, R$ $\frac{11}{4}R$.

21 $-\frac{11}{4}R$